

Рисунок 4 – Реальный и проектный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию дома по адресу ул. Грибоедова, 35

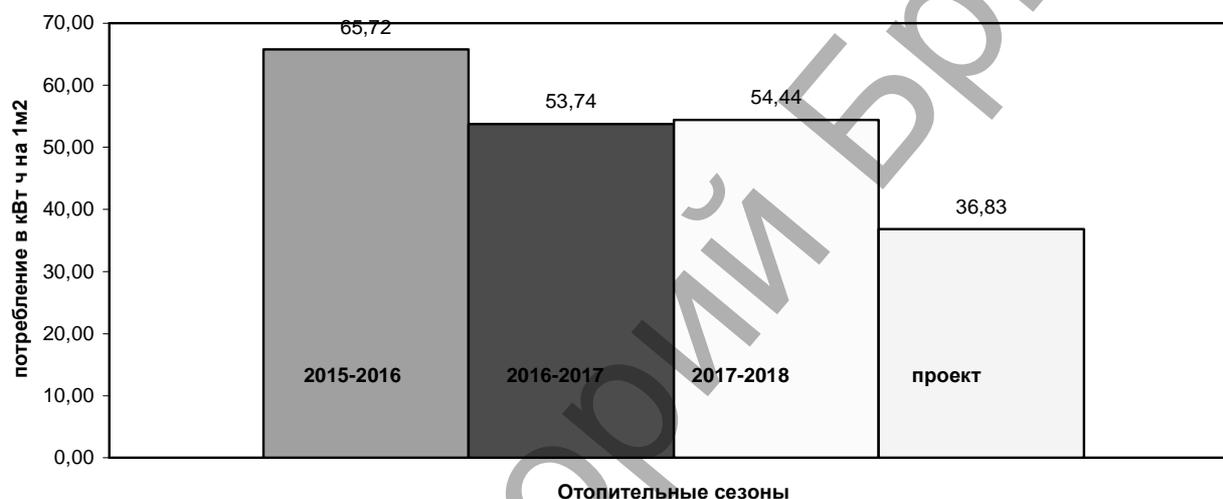


Рисунок 5 – Реальный и проектный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию дома по адресу ул. Грибоедова, 37

отопительные сезоны 2015–2018 годов и проектные значения. Обнаружено несоответствие проектного и эксплуатационного энергопотребления в рассматриваемых жилых домах. Необходимы дальнейшие исследования для определения причин повышенного энергопотребления рассматриваемых домов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тепловая защита зданий. Правила определения : ТКП 45-2.04-

196-2010 / Министерство архитектуры и строительства РБ – Минск, 2010 – 26 с.

2. Изменения в нормативной базе Республики Беларусь по проектированию энергоэффективных жилых домов / В. Г. Новосельцев, Д. В. Новосельцева, И. А. Черников // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2016. – № 2 : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология. – С. 81–84.

Материал поступил в редакцию 10.03.2019

NOVOSELTSEV V. G., NOVOSELTSEVA D. V. Survey of residents of energy-efficient residential buildings to identify possible problems of heating, ventilation and hot water systems

The article presents the results of comparison of design and operational energy consumption in residential buildings commissioned in Brest in 2015 on Griboyedov street.

УДК 697.132.2

Северянин В. С., Мешик К. О.

МЕТЕОПРОГНОСТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ ОТОПЛЕНИЯ

Введение. За последние десятилетия энергосберегающие технологии находят всё большее применение в различных сферах деятельности человека. Экономическое благосостояние множества стран за-

висит от количества и эффективности способов его поддержания, направленных на рациональное применение энергетических ресурсов.

Мешик Кирилл Олегович, студент факультета инженерных систем и экологии Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Таблица 1 – Показатели энергетической эффективности в жилищном секторе

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Общее энергопотребление на душу насел., кВт·ч	6 566,1	6 467,8	6 765,5	6 644,2	6 274,4	6 075,8	6 323,4	6 432,2
Энергопотребление для отопления с учетом климатического ф-ра (на 1 м ² ж. пл.), кВт·ч	154,4	161,0	159,8	157,4	152,4	151,2	150,4	153,2

Реалии нашего времени показывают актуальность внедрения энергосберегающих систем при разработке инженерных коммуникаций современных зданий и сооружений, которые способны обеспечивать эффективное распределение используемых энергоресурсов с сохранением условий работоспособности и оптимальных параметров микроклимата. В контексте данной проблематики применение средств автоматизации является достаточно перспективным решением [1].

Энергопотребление жилищного сектора. Для организации мер по экономически эффективному распределению энергоресурсов необходимо вести учёт и оценку показателей текущего уровня энергопотребления.

В Европе энергопотребление зданий составляет приблизительно 41% первичной энергии, что выше промышленных (около 31%) и транспортных (около 28%) энергозатрат. Данный объём включает в себя [2]:

- 85% энергии, используемой для поддержания оптимальных условий микроклимата помещений (системы отопления, вентиляции и кондиционирования);
- 15% энергии, используемой для электроснабжения помещений (освещение, работа электроприборов и т. д.).

В Беларуси энергопотребление в жилищном секторе в период с 2010 по 2017 год в среднем составило 6443,6 кВт·ч на душу населения, при этом на нужды отопления с учётом климатического фактора в среднем было использовано 154,98 кВт·ч на 1 м² жилой площади (см. таблицу 1) [3].

С целью улучшения текущего уровня энергопотребления в жилищном секторе существует необходимость рационализации энергозатрат, что может быть реализовано при создании приемлемых условий и последующего внедрения энергоэффективных систем автоматизированного контроля и управления.

Основопологающие принципы внедрения систем автоматизированного контроля и управления для систем отопления. Организация ввода средств автоматизации в систему должна иметь экономическое обоснование, предполагающее снижение энергозатрат. Предполагая повышение эффективности систем отопления посредством внедрения систем автоматики, следует обозначить следующие принципиальные особенности, которые являются основой для каждой системы [1, 4]:

- передача информации о текущем состоянии системы отопления, производимая с целью постоянного наблюдения и выполнении контролируемых функций по отношению к основным параметрам системы, должна производиться с минимальными временными задержками;
- регулирование при помощи системы автоматики целесообразно производить в узлах, где необходимо обеспечить поддержание регулируемых величин (температура, давление и т. д.) в заданный временной период с учётом воздействия внутренних (изменение настройки термостатических клапанов, засорение фильтров, формирование нежелательных отложений в трубах) и внешних (изменение температуры сетевой воды, изменение погодных условий) факторов, что является возможным при использовании различного рода и вида датчиков;
- система автоматики должна предусматривать средства реализации мер по предохранению оборудования от потери функциональных способностей вследствие возникновения аварии (превышение рабочего давления для отопительных приборов и т. д.). Учёт данных особенностей в процессе разработки энергоэффективной системы отопления позволит рационализировать затраты на систему автоматизации, а также общие энергозатраты.

Погодозависимая автоматика. С развитием средств автоматизированного контроля и управления количество параметров системы отопления, поддающихся более тонкой настройке, постоянно увели-

чивается. График тепловой нагрузки во временном периоде отопительного сезона в значительной степени трансформируется (в 5–6 раз) [5]. Данные трансформации происходят в зависимости от времени суток, а также от климатических условий. В современных системах автоматизации учёт погодных условий производится посредством применения погодозависимой автоматики.

Система отопления, в которой реализована система учёта текущих климатических параметров, предполагает наличие следующих компонентов:

- контроллер, который производит управление системой в различных режимах;
- температурные датчики (наружный, внутренний, в пределах контролируемых участков);
- клапан, выполняющий регулирование, и насос или элеватор и т. д.

Для определения режима работы системы отопления контроллер с помощью средств программирования в зависимости от полученных значений с датчиков настраивается на выполнение наиболее экономичного алгоритма по поддержанию комфортных условий внутри рабочего помещения. В основе данного алгоритма находится поддержание в заданном соотношении температуры жидкой среды отопительного контура в подающем направлении и температуры внешней среды. В зависимости от количества программно заложенных режимов адаптации системы отопления к протекающим температурным изменениям варьируется точность и эффективность работы погодозависимой автоматики. Алгоритмическая последовательность рабочего процесса в графическом отображении выполняется в виде температурной кривой (см. рисунок 1 [6]).



Рисунок 1 – Графическое представление алгоритма работы погодозависимой автоматики на примере контроллера погодозависимого цифрового программного управления котловым и отопительными контурами Vitotronic 300-KW3

Преимущества погодозависимой автоматики:

- постоянство внутренней температуры вне зависимости от резких перепадов внешней температуры;
- экономия топливных энергоресурсов;
- рост ресурса эксплуатации отопительного оборудования;

- рациональное управление мощностью котлов, при их использовании;
- снижение вредных выбросов от котлов в атмосферу. Недостатки погодозависимой автоматики:
- высокая цена;
- сложный и затратный ремонт и техническое обслуживание;
- инерционность отопительного контура.

Применение прогностических моделей. Для того, чтобы нивелировать инерционность отопительной системы, а также улучшить экономический эффект от использования погодозависимой автоматики без потери комфортных условий, можно получать информацию о погодных условиях не через внешние температурные датчики, а напрямую с метеоспутников. Передающие центры EGRR, KWBC, FNMOC, CMC в открытом доступе предоставляют информацию о предполагаемой температуре воздуха в пространственных пределах Европы с заблаговременностью до 144 часов. Однако для эффективного учёта влияния погодных условий на системы отопления подобная технология должна располагать следующими данными:

- тепловые потери через ограждающие конструкции;
- расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции;
- избыточные тепловыделения бытового характера;
- гистерезис элементов системы отопления;
- количество теплопотребителей.

Наиболее подходящей для Беларуси является прогностическая модель WRF от передающего центра CMC, заблаговременность прогноза которой составляет 48 часов с дискретностью в 1 час (см. рисунок 2, 3 [7]). Также достаточно перспективным вариантом является модель GEM от FNMOC, заблаговременность прогноза которой составляет 144 часа с дискретностью в 3 часа (см. рисунок 4, 5 [8]). Основопологающим условием при выборе прогностической модели является достаточность временной адаптации системы отопления к предстоящим температурным изменениям [9].

При реализации процесса по использованию моделей прогнозирования в системах отопления набор применяемых устройств остаётся практически полностью аналогичным стандартным системам с погодозависимой автоматикой. Внешний датчик температуры может использоваться с целью более тонкой настройки или быть всецело исключённым из системы, делая её более экономичной. Единственное существенное изменение – это организация сервера в пределах теплового пункта, который будет принимать и обрабатывать данные, поступающие с метеоспутников.

В переменных режимах (изменения t_n) по общепринятым методикам отопление включается при достижении заданного t_n . Но при этом надо согреть не только воздух помещения, но и охладившийся материал сооружения [9].

Новый упреждающий метод регулирования систем теплоснабжения должен заключаться в предварительном включении отопительных устройств, когда разность температур между снижающейся температурой наружного воздуха и температурой материала сооружений еще не велика, следовательно, расход теплоты (топлива) будет существенно меньше чем в случае охладившегося материала. Такой же прием может применяться в конце отопительного периода: отключать систему отопления заранее, до наступления повышающейся t_n до уровня «разрешенного» отключения. Это упреждающее регулирование, дающее существенную экономию топлива, возможно только при условии гарантированного прогноза погоды. С учетом тепловой инерции зданий, сооружений, возможно удерживать временные колебания температур в помещениях в пределах $1-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, что вполне допустимо с точки зрения комфорта для населения, пренебрежимо влияние на физиологию человека. Кроме того, такой режим можно использовать в ночные часы, или ограничением максимума нагрузок. Снижение на треть подвода теплоты в течение 4–6 часов не приведет к значительным колебаниям воздуха в отапливаемом помещении [9].

Таким образом, точный уверенный прогноз погоды может дать существенный энергосберегающий эффект [9].

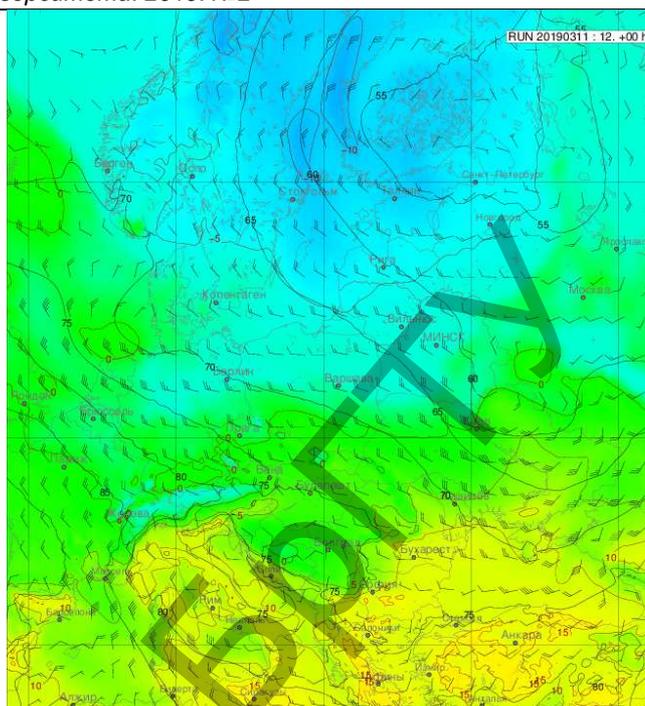


Рисунок 2 – Реальные погодные условия, модель WRF на 12:00 (11.03.2019)

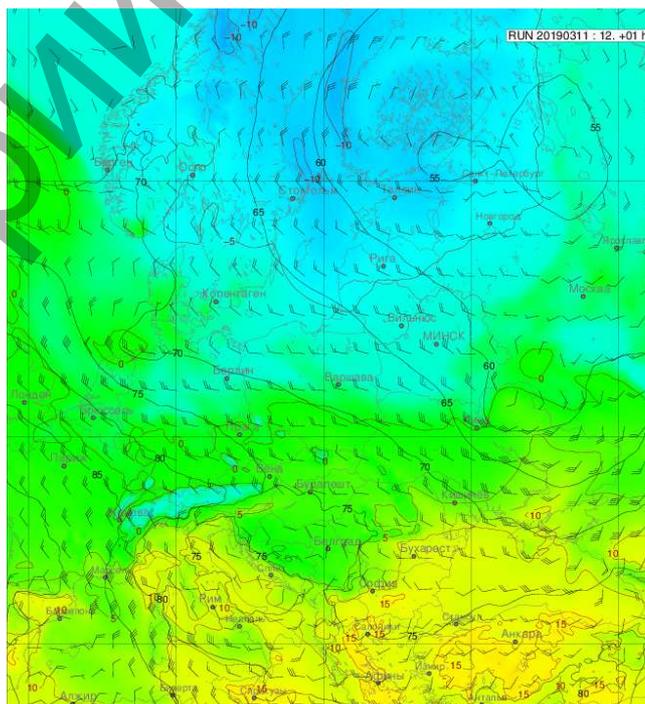


Рисунок 3 – Прогностическая модель WRF на 13:00 (11.03.2019)

Важным условием рационализации данного метода регулирования является наиболее благоприятное время для начала процессов по управлению системой отопления в зависимости от получаемых данных, которое определяется по множеству факторов влияния (количество теплопотребителей, материал ограждающих конструкций, вид и толщина утеплителя, тепловая инерционность здания, дополнительные теплоисточники и т. д.) [9]. При этом колебания температуры воздуха в жилом пространстве не являются значительными при снижении тепловой мощности, потребляемой системами отопления жилых зданий, до 40% во временном диапазоне до 6 часов [10].

Достоинства данного подхода по сравнению со стандартной системой погодозависимой автоматики:

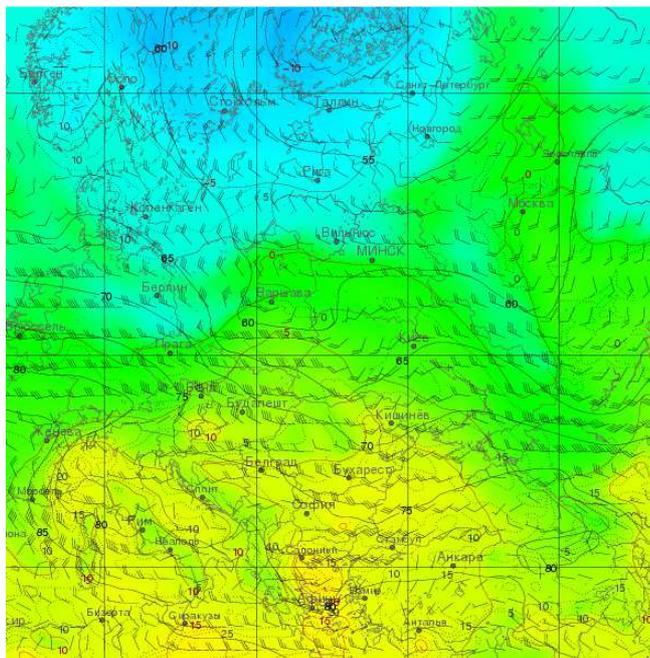


Рисунок 4 – Реальные погодные условия, модель GEM на 00:00 (11.03.2019)

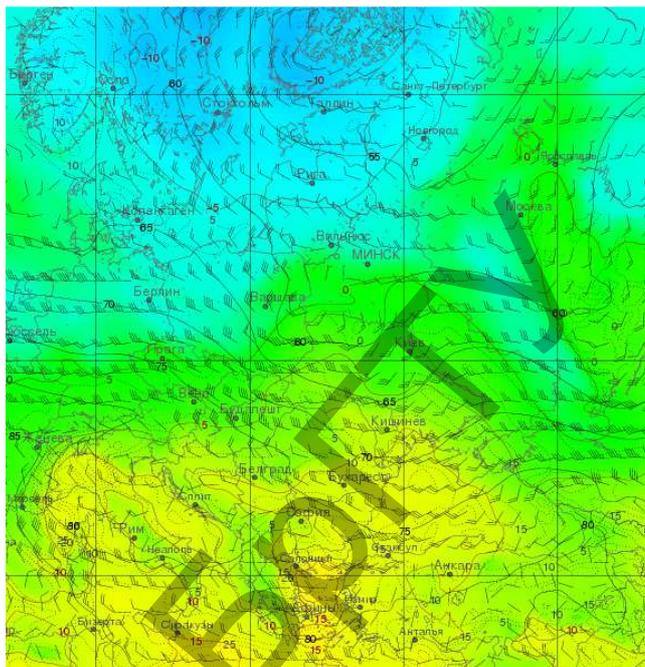


Рисунок 5 – Прогностическая модель GEM на 03:00 (11.03.2019)

- полная компенсация инерционности системы за счёт алгоритмов, базирующихся на использовании данных заблаговременного прогнозирования;
- более рациональное использование энергоресурсов;
- исключение предельных и близких к ним мощностей работы теплоагрегата;
- постоянство поддержания комфортных условий.

Заключение. Реализация метеопрогностического подхода, в основе которого лежит упреждающая организация режимов работы систем отопления в зависимости от прогнозируемых погодных условий, способствует существенной экономии энергоресурсов. При этом, эффективность данного метода зависит от степени точности прогнозирования будущих метеоусловий. Также одним из основных критериев, определяющих степень эффективности метеопрогностического подхода, является время активации системы автоматизированного контроля и управления. Сложность корректного определения данного момента времени заключается в том, что необходимо учитывать все факторы воздействия на изменения температурных условий внутри рабочего помещения, количество потребителей теплоты, а также удалённость от них, тепловую инерционность зданий и жилых помещений, во многом зависящую от материалов утеплителей, ограждающих конструкций.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Головин, А. А. Перспективы систем управления зданиями / А. А. Головин // Вестник МГСУ. – 2011. – № 6. – С. 394–399.
2. Building automation – impact on energy efficiency / Брошюра: Siemens Switzerland Ltd.
3. Показатели устойчивой энергетики [Электронный ресурс] / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа : <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/energeticheskaya-statistika/sistema-pokazateley-energoeffektivnosti/>. – Дата доступа : 08.03.2019.
4. Грибков, И. Н. Анализ систем отопления и перспективы автоматизации / И. Н. Грибков, А. Н. Лыков // Вестник Перм. нац. исс. политех. ун-та. – 2012. – С. 192–202.
5. Аникин, А. С. Экспериментальная идентификация структуры и параметров автоматических регуляторов систем отопления / А. С. Аникин, А. А. Балденков, В. Л. Кодкин // Вестник Южн.-Урал. гос. ун-та. – 2015. – № 3. – С. 147–152.
6. Vitotronic 300-KW3. Инструкция по монтажу и сервисному обслуживанию. / Viessmann Werke GmbH&Co KG. – 2005. – № 2. – 136 с.
7. Карта прогноза температуры воздуха, ветра и высоты геопотенциала на 925 гПа [Электронный ресурс] / Белгидромет. – Режим доступа : <http://meteinfo.by/maps/?type=wrf15&map=TMP925&date=2019031112&time=00>. – Дата доступа : 11.03.2019.
8. Карта прогноза температуры воздуха, ветра и высоты геопотенциала на 925 гПа [Электронный ресурс] / Белгидромет. – Режим доступа : <http://meteinfo.by/maps/?type=cmc&map=TMP925&date=2019031112&time=00>. – Дата доступа : 11.03.2019.
9. Трактат о погоде [Электронный ресурс] / ФИСЭ. – В. С. Северянин. – Режим доступа : <http://vig.bstu.by/index.php/2010-09-02-16-44-22/12-2012-02-01-07-42-00/185-2016-01-19-08-12-26>. – Дата доступа : 09.04.2019.
10. Osipov, S. N. Energy-efficient regimes for heating-supply of the residential buildings / S. N. Osipov, V. M. Pilipenko // Энергетика. – 2015. – № 2. – С. 48–60.

Материал поступил в редакцию 22.04.2019

SEVERYANIN V. S., MESHK K. O. Meteoprogностic regulation of the temperature regime of the living places by automated heating systems

The article presents the principal features of the meteoprogностic control of the temperature regime of the buildings by automated heating systems.