

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 621.317.7

DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-1-140-151

*А.Н. БЕЛОУС, М.В. ОВЕРЧЕНКО, О.Е. БЕЛОУС,
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры*

РАЗРАБОТКА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

В современной строительной практике более половины эксплуатируемых зданий нуждаются в термомодернизации. Однако для подбора эффективной системы утепления необходимо знать фактические теплотехнические характеристики конструкций и параметры внутренней среды здания. В статье проведен анализ методик и существующего оборудования для определения теплотехнических показателей наружных ограждений. Определены преимущества и недостатки основных приборов, рекомендуемых нормативными документами для проведения натурных исследований. На основе полученных данных разработан теплотехнический комплекс для проведения натурных исследований тепловлажностного состояния ограждающих конструкций и микроклимата помещений здания. Усовершенствование программного обеспечения совместно с приборами и считывающим устройством Arduino позволяет осуществлять мониторинг как при стационарном, так и при нестационарном тепловом режиме наружных ограждающих конструкций и параметрах микроклимата помещений в натурных условиях.

Ключевые слова: приборы; оборудование; теплотехнические показатели; измерительный комплекс; тепловлажностное состояние.

Для цитирования: Белоус А.Н., Оверченко М.В., Белоус О.Е. Разработка теплотехнического измерительного комплекса // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 1. С. 140–151.
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-1-140-151

*A.N. BELOUS, M.V. OVERCHENKO, O.E. BELOUS,
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*

PORTABLE HEAT METERING SYSTEM DESIGN

In modern construction practice, more than half of buildings in operation require modernization of thermal insulation. However, in order to select an effective insulation system, it is necessary to know the actual thermal and technical characteristics of structures and parameters of the building internal environment. The paper analyzes methods and equipment for evaluation of the thermal performance of outdoor enclosures. The advantages and disadvantages of

the main devices recommended by the regulatory documents for field research are shown. According to the data obtained, a heat engineering complex is developed for conducting field studies of heat and humidity of wall structures and microclimate of building premises. Software improvement together with Arduino reader device allow monitoring both at stationary and non-stationary thermal conditions of external enclosures and indoor climate parameters in field conditions.

Keywords: devices; equipment; heat engineering parameters; metering system; heat and humidity condition.

For citation: Belous A.N., Overchenko M.V., Belous O.E. Perenosnoi teploekhnicheskii izmeritel'nyi kompleks [Portable heat metering system design]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 1. Pp. 140–151.

DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-1-140-151

Введение

Изменение нормативной документации и повышение требований, предъявляемых к наружным ограждающим конструкциям как проектируемых, так и эксплуатируемых зданий, обусловлены проблемами дефицита энергетических ресурсов и ростом их стоимости. Стремление к экономии энергии является одной из первостепенных задач в современной практике строительства и энергетической политике государства. В директиве 2010/31/EU [1] энергопотребление зданий оценивается на уровне 41 % от общего расхода энергии, из которого большая часть приходится на отопление и вентиляцию [2]. Исходя из этого наиболее нерациональное использование энергии происходит в общественных зданиях с непостоянным пребыванием людей, в которых значительную часть суток (от 12 до 16 ч) людей нет. Однако пребывание большого количества людей в таких зданиях в рабочее время приводит к значительному росту показателей влажности воздуха и колебаниям температуры, что может оказывать негативное влияние на состояние наружных ограждающих конструкций.

Чрезмерные теплопотери через наружную оболочку зданий, построенных по старым строительным нормам, приводят к промерзанию конструкций в холодный период года, смещению температуры точки росы на внутренней поверхности наружных стен, выпадению конденсата и, как следствие, возникновению плесневых грибов на поверхности наружных стен. Это обуславливает необходимость мониторинга состояния ограждающих конструкций эксплуатируемых зданий [3]. В последнее время появилось большое количество новых приборов для оценки состояния наружных ограждающих конструкций зданий, однако условия работы, погрешность измерений и способы обработки данных для каждого из них различны и требуют дальнейшего изучения.

Исследование температурно-влажностного режима наружных ограждающих конструкций на примере жилых и общественных зданий описано в работах [4–7]. Авторами установлено, что выбор оптимального месторасположения утеплителя в конструкции наружных стен при термомодернизации зданий обеспечивает нормальный влажностный режим наружных ограждений, однако для этого необходимо производить натурные исследования.

В статьях зарубежных ученых также остро стоит вопрос о применении энергоэффективных технологий при строительстве и проектировании зданий. В работе [8] рассмотрена проблема снижения потребления энергии на различных этапах эксплуатации здания. В работе [9] произведен анализ факторов, влияющих на расход энергии в жилых помещениях (DEAP) с поправками на систему кондиционирования и вентиляции. Исследовано влияние изменяющихся погодных условий на энергетические характеристики здания. На примере трех типов помещений произведен анализ влияния 68 факторов на энергетические показатели здания (значение U-фактора для крыш, окон, стен и полов) в 12 различных регионах Европы. Работа [10] посвящена измерительной системе, основанной на инфракрасном (IR) и тепловизионном (ITT) методе оценки. Данная измерительная система оценивает температурные колебания в помещениях и условия комфорта в режиме реального времени. Инфракрасная камера, установленная на потолке, позволяет получать тепловое изображение, а последующая обработка – определять среднюю температуру поверхности, количество людей и наличие других источников тепла (например, компьютера) с помощью алгоритмов обнаружения. Модель с сосредоточенными параметрами помещения, разработанная в среде Matlab/Simulink, получает в качестве входных данных информацию, извлеченную из обработки изображений, для вычисления скорости теплообмена, температуры воздуха и теплового комфорта (PMV) в помещении. Мгновенная информация может отображаться для пользователей или в конечном итоге использоваться для автоматического управления системами вентиляции и кондиционирования воздуха. Система основана на индивидуальной адаптации недорогой ИК-системы наблюдения с выделенной радиометрической калибровкой. Экспериментальные результаты, полученные автором, показывают средние абсолютные расхождения порядка 0,4 °C между расчетной и измеренной температурой воздуха в течение суток.

Целью данного исследования является выполнение анализа существующего оборудования и методик определения теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций и тепловлажностного состояния воздуха в помещении в натурных условиях. Основываясь на данных, полученных в ходе исследования, необходимо разработать лабораторную установку для производства натурных исследований.

Материалы и методы

Разработка и проведение мероприятий по термомодернизации эксплуатируемых зданий достаточно проблематична без оценки теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций. Одним из важных факторов является сопротивление теплопередаче R , м²·К/Вт. Для зданий, эксплуатируемых не одно десятилетие, при определении фактического сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции необходимо учитывать динамику колебания тепловых потоков и температур на поверхности ограждения. От температурного режима помещения и влажности внутреннего воздуха зависит еще один показатель – температура точки росы, при которой плоскость конденсации влаги может возникать на внутренней поверхности наружных ограждений.

При несоответствии показателей минимальной температуры внутренней поверхности конструкции $t_{в\ min}$, °С, нормативным требованиям и превышении показателей влажности внутреннего воздуха ϕ , %, происходит изменение влажностного состояния ограждающей конструкции, что негативно сказывается на ее эксплуатационных и прочностных свойствах.

Натурные исследования сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций эксплуатируемых зданий, согласно требованиям ДСТУ Б В.2.6-101:2010 «Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций» и ГОСТ Р 54853–2011 «Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с помощью тепломера», необходимо производить в осенне-зимний, зимний или зимне-весенний период года. Постоянное значение температуры воздуха в помещении должно поддерживаться системой отопления или регулирования температуры и влажности воздуха. Комплект средств измерения теплотехнических характеристик и вспомогательных параметров ограждающей конструкции должен содержать:

– первичные преобразователи температуры: термоэлектрические преобразователи температуры по ГОСТ 6616 (рис. 1), например термопары, изготовленные из термоэлектродной проволоки по ГОСТ 1790; термопреобразователи сопротивления по ГОСТ 6651 (рис. 2), а также электронные цифровые измерители температуры по действующей научно-технической документации – для измерения фактических значений температуры поверхностей ограждающих конструкций и воздуха вблизи них. Чувствительный элемент термопары для контактного измерения температуры конструктивно должен быть выполнен или в виде «пятачка» (диаметром не более 6 мм), или в виде «ленты» шириной не более 2 мм. Чувствительный элемент термопары для измерения температуры воздуха должен быть защищен от прямого воздействия теплового излучения;

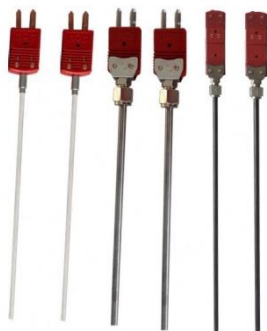


Рис. 1. Медь-константановые термопары типа Т



Рис. 2. Первичный преобразователь сопротивления

– переносной цифровой пирометр или термометр для бесконтактных измерений фактических значений поверхностной температуры в труднодоступных местах;

– первичные термоэлектрические преобразователи теплового потока по ГОСТ 6616 – для длительных (до нескольких суток) непрерывных измерений

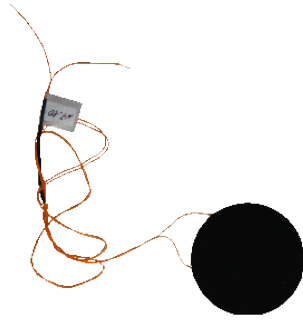


Рис. 3. Датчик теплового потока ДТП 0924

плотности теплового потока на обследуемых участках (рис. 3). При выборе преобразователя теплового потока следует руководствоваться рекомендациями ГОСТ 25380. Допускается применение переносных цифровых измерителей теплового потока, например, типа ИТП (для оперативных одновременных контактных измерений поверхностной плотности теплового потока и (или) температуры);

– средства для измерения влажности материалов ограждающих конструкций;

– средства измерения сигналов первичных преобразователей, которые позволяют проводить непрерывные длительные измерения и сохранять

измерительную информацию для дальнейшей обработки. Например, специализированное информационно-измерительное устройство по ГОСТ 25380 для одновременного непрерывного многодневного приема измерительных сигналов и сохранения этой измерительной информации в памяти прибора с привязкой к текущему времени.

Система компьютеризации процесса испытания ограждающей конструкции, согласно ДСТУ Б В.2.6-101:2010, должна включать в себя ноутбук для сбора и хранения измерительной информации от измерительных первичных преобразователей или информационно-измерительного устройства и другой многоканальной измерительной системы и последующей передачи этой информации в стационарный ПК с соответствующим сервисным оборудованием для приема в лабораторных условиях, и ее обработки по специальным программам для вычисления сопротивления теплопередаче или приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции и, по необходимости, трансмиссионных тепловых потерь; специализированное программное обеспечение, которое должно содержать пакет программ по обработке измерительной информации.

В ходе исследования определяют температуру наружной t_n и внутренней t_v поверхности ограждающей конструкции, температуру окружающей среды внутри помещения $t_{вн}$ и снаружи $t_{н}$. Затем по имеющимся данным определяется температурный перепад $\Delta T_{пр}$. По результатам измерения температур и плотности теплового потока рассчитывается фактическое значение плотности теплового потока $q_{факт}$. На основании полученных данных определяется приведенное сопротивление теплопередаче конструкции $R_{Σпр}$ и линейный коэффициент теплопередачи U для участков с теплопроводными включениями.

Для измерения температур поверхности ограждающей конструкции и параметров окружающей среды используются датчики температуры, измерители теплового потока, бесконтактные средства измерения температуры. Существует несколько основных типов контактных датчиков, применяемых для измерения температуры ограждающей конструкции: терморезистивные датчики, полупроводниковые датчики и термопары. Сравнительный анализ приборов для измерения тепловых характеристик наружных ограждающих конструкций приведен ниже.

Контактные средства измерения**1. Терморезистивные датчики.**

Преимущества: высокая чувствительность; малая инерционность; высокое сопротивление; малый размер; низкая стоимость; высокая стабильность.

Недостатки: нелинейная характеристика; рабочий диапазон температур от -60 до $+300$ °С; взаимозаменяемость в узком диапазоне температур; необходим источник тока.

Параметр работы: электрическое сопротивление.

2. Полупроводниковые датчики.

Преимущества: хорошая линейность характеристики; высокая стабильность; высокая взаимозаменяемость в широком диапазоне температур.

Недостатки: ограниченный температурный диапазон; относительно большая инерционность; необходимость трех- или четырехпроводной схемы включения; чувствительность к ударам и вибрациям; необходим источник тока; высокая стоимость.

Параметр работы: электрическое сопротивление.

3. Термопары.

Преимущества: широкий температурный диапазон; простота производства; низкая стоимость; износоустойчивость; не требует дополнительного источника энергии.

Недостатки: нелинейная характеристика; относительно низкая стабильность; измерение низких ЭДС осложняется электромагнитными шумами и наводками; необходима компенсация холодных спаев.

Параметр работы: электрическое напряжение.

4. Переносные измерители плотности теплового потока (ИПП).

Преимущества: мобильность прибора; высокая скорость считывания данных; возможность подключения до 8 различных зондов.

Недостатки: ограниченный температурный диапазон от -30 до $+50$ °С и относительная влажность воздуха не более 85 %; для точных измерений при перепадах температур прибор должен находиться в стационарных условиях не менее 2 ч.

Параметр работы: измерение перепада температур на «вспомогательной стенке» с помощью ленточной термопары.

Бесконтактные средства измерения – тепловизоры и инфракрасные пирометры

Преимущества: всесезонность и независимость от метеоусловий; применимость в рабочих режимах эксплуатации; высокая информативность (по всей поверхности объекта) и наглядность; безопасность, бесконтактность и дистанционность; неограниченность перечня контролируемых объектов.

Недостатки: высокая стоимость и хрупкость приборов; погрешность ± 2 % или меньшая точность; невозможность измерения внутренних температур объекта; измеряемый диапазон температур ограничен и зависит от марки и типа прибора.

Параметр работы: электромагнитные волны.

Датчики по высоте помещения и на поверхности ограждающей конструкции должны быть расположены на основании требований ГОСТ Р 54853–2011 и ДСТУ Б В.2.6-101:2010. Схема расположения датчиков представлена на рис. 4.

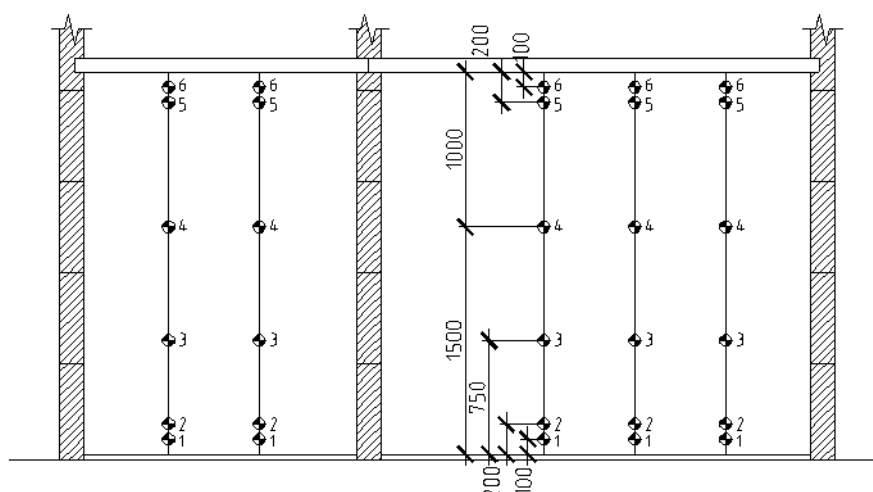


Рис. 4. Схема расположения датчиков согласно нормативным требованиям

Результаты

Для проведения необходимых измерений было решено собрать установку для подключения измерительных датчиков, сбора информации и вывода/сохранения её на персональный компьютер. Принципиальная схема подключения датчиков приведена на рис. 5. При выборе модели АЦП было принято решение использовать оборудование фирмы Arduino. Программная часть состоит из бесплатной программной оболочки (IDE) для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры. Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат, которые можно приобрести как у официальных так и у сторонних производителей. Полностью открытая архитектура системы позволяет свободно копировать или дополнять линейку продукции. Arduino может использоваться как для создания автономных объектов автоматизации, так и подключаться к программному обеспечению на компьютере через стандартные проводные и беспроводные интерфейсы. Подключение осуществлялось по USB каналу персонального компьютера.

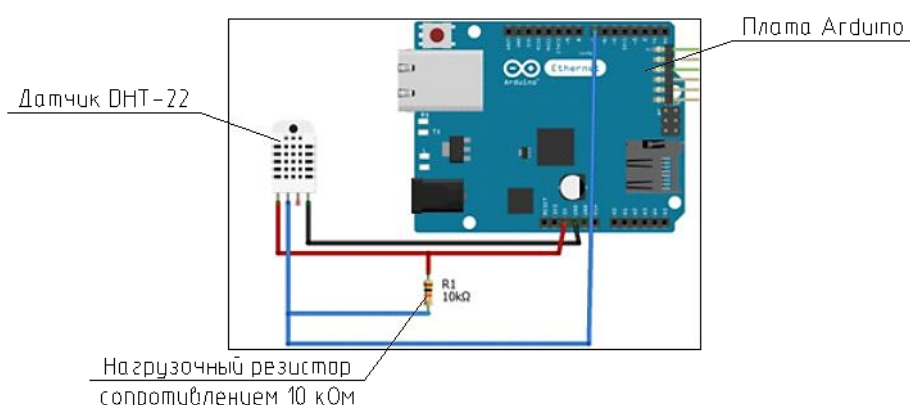


Рис. 5. Принципиальная схема подключения датчика DHT-22

Платформа Arduino UNO R3 имеет 14 цифровых пинов входа/выхода, 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем и разъем ICSP. Пины используются для подключения внешних устройств, могут работать как в режиме входа, так и в режиме выхода. Каждый вывод имеет нагрузочный резистор 10–50 кОм и может пропускать до 40 мА. Платформа позволяет одновременно подключать до 12 цифровых датчиков измерения температуры и влажности DHT-22 (рис. 6). Каждый датчик подключен к платформе экранированным кабелем длиной 6 м, что является оптимальной длиной, при которой возможно свести к минимуму влияние внутренних помех при проведении измерений и снизить влияние электромагнитного излучения.

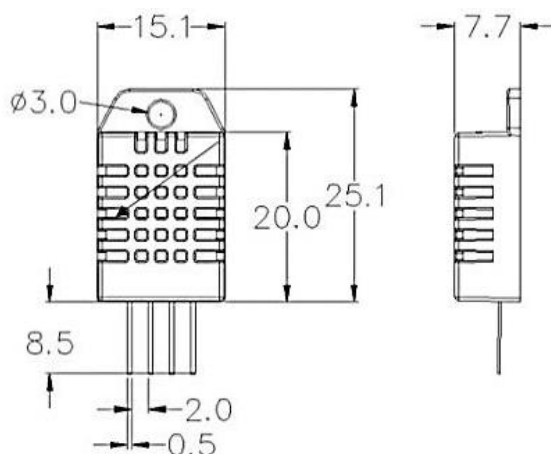


Рис. 6. Общий вид датчика DHT-22

Технические параметры датчика: напряжение питания: 3,3–5 В; выходной сигнал: цифровой; чувствительный элемент: полимерный конденсатор; диапазон измерения влажности: 0–100 %, погрешность ± 2 %; диапазон измерения температуры: $-40 \dots +80$ °C, погрешность $\pm 0,5$ °C; задержка измерения 2 с.

Датчики состоят из NTC-термистора, чувствительного емкостного датчика и 8-битного чипа, преобразующего аналоговый сигнал с датчика в цифровой на выходе. Все показания передаются по цифровой информационной шине. Калибровка каждого датчика происходит при производстве в калибровочной камере, а поправочный коэффициент сохраняется в памяти и вызывается в момент считывания данных. Высокая точность передачи данных сохраняется при удалении датчика от устройства считывания информации на расстояние до 20 м.

Небольшие размеры датчиков и возможность их удаления от регистрирующей платформы позволяют снимать показания непосредственно на наружной и внутренней поверхностях ограждающей конструкции, в вентиляционных каналах, а также в толще конструкции. Это позволит фиксировать температуру на границах слоев наружных ограждений.

Общий вид теплотехнического комплекса для определения тепловлажностного режима наружных ограждений и микроклимата помещения пред-

ставлен на рис. 7. Расположение датчиков на поверхности исследуемой конструкции может изменяться в зависимости от программы исследования.

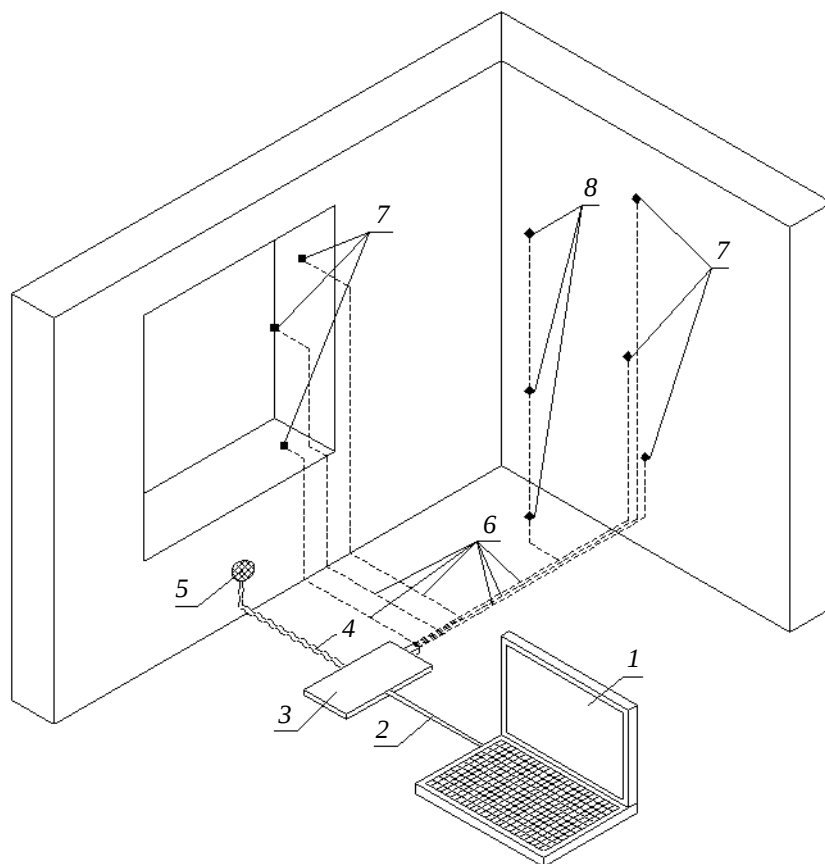


Рис. 7. Схема испытательного комплекса:

1 – устройство вывода информации (ноутбук); 2 – кабель питания считывающего устройства; 3 – считывающее устройство Arduino; 4 – экранированный кабель датчика теплового потока; 5 – датчик теплового потока; 6 – экранированный кабель; 7 – датчики DHT-22, расположенные на поверхности наружных ограждений; 8 – датчики DHT-22, расположенные по высоте помещения

Программное обеспечение считывающего устройства Arduino с открытым исходным кодом, что позволило изменять и дорабатывать исходную программу в части сбора и обработки информации, получаемой с датчиков, и конвертации полученных данных в табличном виде в формате *.txt. Данные из таблиц возможно в дальнейшем обрабатывать в более мощных программных комплексах, таких как MS Office, MatLab, имеющих широкие возможности в области работы с большими массивами данных.

Была написана программа, дополняющая стандартное программное обеспечение. Текст программы мониторинга и сохранения данных представлен на рис. 8.

```
void loop()
{
  delay(2000);
  float h = dht.readHumidity(); //Считываем влажность
  float t = dht.readTemperature(); //Считываем температуру (в градусах Цельсия)
  //Устанавливаем курсор в 1 столбец 1й строки (выводим влажность)
  //Нумерация идёт с нуля, первым аргументом идёт номер столбца
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Humidity: ");
  lcd.print(h);
  lcd.print(" %\t");
  //Устанавливаем курсор 1 столбец 2й строки (выводим температуру)
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Temperature:");
  lcd.print(t);
  lcd.print(" *C ");
  //Возвращаем курсор на 1 столбец 1й строки
  lcd.setCursor(0, 0);
}
```

Рис. 8. Текст программы мониторинга и сбора данных (пунктуация соблюдена согласно требованиям программного обеспечения)

Заключение

На основании анализа приборов и оборудования, применяемого по рекомендациям нормативных документов для определения теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкций, определено оборудование для дальнейшей разработки лабораторной установки: датчик DHT-22 и считывающее устройство Arduino. Предложенный вариант теплотехнического комплекса имеет оптимальное соотношение показателей «цена-качество», который удовлетворяет действующим требованиям по измерению теплотехнических параметров ограждающих конструкций. Разработанный программный комплекс позволяет осуществлять мониторинг как при стационарном, так и при нестационарном тепловом режиме наружных ограждающих конструкций и параметрах микроклимата помещений в натурных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.
2. Шкаровский А.Л. Исследование тепловлажностного состояния ограждающих конструкций при нестационарном управлении внутренним климатом // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 4 (63). С. 170–176.
3. Оверченко М.В. Влажностный режим наружных ограждающих конструкций общеобразовательных учреждений после термомодернизации зданий // X Международный молодежный форум «Образование, наука, производство». Белгород, 2018.
4. Борисюк А.О., Кутный Б.А. Влажностный режим утепленной несущей ограждающей конструкции при применении программного отпуска теплоты // Новые идеи нового века: Оптимизация строительных конструкций. Экологическая устойчивость, проблемы экономики, ресурсосбережения и безопасности населенных мест. 2014. Т. 3. С. 251–257.
5. Корниенко С.В. Натурные исследования температурно-влажностного режима жилого здания при верификации метода расчета влаготеплопереноса в ограждающих конструк-

- циях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2012. Вып. 28 (47). С. 19–26.
6. Корниенко С.В. Оценка влияния температурно-влажностного режима в краевых зонах ограждающих конструкций на теплозащиту зданий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2012. Вып. 26 (45). С. 148–154.
 7. Гагарин В.Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва, 2000. 48 с.
 8. Yiksek I., Karadayi T. Energy-Efficient Building Design in the Context of Building LifeCycle. 2017. URL: <https://www.intechopen.com/books/energy-efficient-buildings>
 9. Chari A., Xanthos S. Stochastic assessment of the energy performance of buildings // Energy Efficiency. July 2017. 10 (8).
 10. Revel G.M., Sabbatini E., Arnesalo M. Development and Experimental Evaluation of a Thermography Measurement System for Real-Time Monitoring of Comfort and Heat Rate Exchange in the Built Environment // Measurement Science and Technology. 2012. V. 23. № 3.

REFERENCES

1. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.
2. Shkarovskii A.L. Issledovanie teplovlazhnostnogo sostoyaniya ograzhdayushchikh konstruktssii pri nestatsionarnom upravlenii vnutrennim klimatom [Thermal and humidity conditions of enclosing structures under non-stationary internal climate control]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2017. No. 4 (63). Pp. 170–176. (rus)
3. Overchenko M.V. Vlazhnostnyi rezhim naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruktssii obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdenii posle termomodernizatsii zdaniy [Humidity regime of wall structures of general education institutions after thermal modernization of buildings]. In: X Mezhdunarodnyi molodezhnyi forum 'Obrazovanie, nauka, proizvodstvo' (Proc. 10th Int. Sci. Forum 'Education, Science, Production'). Belgorod, 2018. (rus)
4. Borisyyuk A.O., Kutnyi B.A. Vlazhnostnyi rezhim uteplennoi nesushchei ograzhdayushchei konstruktssii pri primenenii programmnoy otpuski teploty [Humidity regime of insulated load-bearing enclosing structure using heat release program]. In: Novye idei novogo veka: Optimizatsiya stroitel'nykh konstruktssii. Ekologicheskaya ustoichivost', problemy ekonomiki, resursosberezheniya i bezopasnosti naselennykh mest (Coll. Papers 'New Ideas of New Century') 2014. V. 3. Pp. 251–257. (rus)
5. Kornienko S.V. Naturnye issledovaniya temperaturno-vlazhnostnogo rezhima zhilogo zdaniya pri verifikatsii metoda rascheta vlagoteploperenosa v ograzhdayushchikh konstruktssiyakh [Field research into temperature and humidity conditions of residential building at verification of calculation method for moisture-heat transfer in enclosing constructions]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2012. No. 28 (47). Pp. 19–26. (rus)
6. Kornienko S.V. Otsenka vliyaniya temperaturno-vlazhnostnogo rezhima v kraevykh zonakh ograzhdayushchikh konstruktssii na teplozashchitu zdaniy [Temperature and humidity effect in edge zones of enclosing structures on heat protection of buildings]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2012. No. 26 (45). Pp. 148–154. (rus)
7. Gagarin V.G. Teoriya sostoyaniya i perenosy vlagi v stroitel'nykh materialakh i teplozashchitnye svoystva ograzhdayushchikh konstruktssii zdaniy : avtoref. dis. ... dokt. tekhn. nauk [Theory of condition and moisture transfer in building materials and thermal protection properties of building envelopes. DSc Abstract]. Moscow, 2000. 48 p. (rus)
8. Yiksek I., Karadayi T. Energy-efficient building design in the context of building lifecycle. 2017. Available: www.intechopen.com/books/energy-efficient-buildings
9. Chari A., Xanthos S. Stochastic assessment of the energy performance of buildings. *Energy Efficiency*. 2017. V. 8. No. 10.

10. Revel G.M., Sabbatini E., Arnesalo M. Development and experimental evaluation of a thermography measurement system for real-time monitoring of comfort and heat rate exchange in the built environment. *Measurement Science and Technology*. 2012. V. 23. No. 3.

Сведения об авторах

Белоус Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доцент, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, Донецкая Народная Республика, 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2, us28@ya.ru

Оверченко Мира Викторовна, аспирант, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, Донецкая Народная Республика, 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2, miro4ka8@mail.ru

Белоус Ольга Евгениевна, аспирант, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, Донецкая Народная Республика, 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2, olga.belaus@yandex.ua

Authors Details

Aleksei N. Belous, PhD, A/Professor, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 2, Derzhavin Str., 86123, Makeevka, Donetsk People's Republic, us28@ya.ru

Mira V. Overchenko, Research Assistant, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 2, Derzhavin Str., 86123, Makeevka, Donetsk People's Republic, miro4ka8@mail.ru

Ol'ga E. Belous, Research Assistant, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 2, Derzhavin Str., 86123, Makeevka, Donetsk People's Republic, olga.belaus@yandex.ua