

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
И НАУКИ РФ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ ВУЗОВ

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ  
УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

# СТРОИТЕЛЬСТВО

№ 2 (686)  
Февраль 2016 г.

Научно-теоретический журнал  
Издается с марта 1958 г.  
Выходит один раз в месяц

Главный редактор В.Г. Себешев,  
почет. чл. РААСН, канд. техн. наук, проф.

Редакционная коллегия:

А.А. Афанасьев, чл.-кор. РААСН, д-р техн. наук, проф.  
В.А. Воробьев, чл.-кор. РААСН, д-р техн. наук, проф.  
В.А. Игнатъев, д-р техн. наук, проф.  
В.И. Костин, д-р техн. наук, проф. (зам. гл. редактора)  
Г.Б. Лебедев, канд. техн. наук, доц. (зам. гл. редактора)  
Л.С. Ляхович, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.  
В.И. Морозов, д-р техн. наук, проф.  
Ю.П. Панибратов, акад. РААСН, д-р экон. наук, проф.  
Ю.П. Правдивец, д-р техн. наук, проф.  
В.Г. Себешев, почет. чл. РААСН, канд. техн. наук, проф.  
Ю.А. Феофанов, д-р техн. наук, проф.  
Е.М. Чернышов, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.

Ответственный секретарь Н.В. Биткина

Адрес редакции:

630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113  
Тел./факс +7 (383) 266 28 59  
www.sibstrin.ru E-mail: izvuz\_str@sibstrin.ru

Свидетельство о регистрации № 993 от 28.11.90 г.

Подписано в печать 26.02.16. Формат 70×108 1/16  
Усл. печ. л. 10,34+0,35. Тираж 350 экз. Заказ 855

ООО «Партнеры Сибири»  
630009, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 16

© Издатель НГАСУ (Сибстрин), 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

**Сабуров В.Ф.** Влияние стыка кранового рельса на работу подкрановых путей промышленных зданий ..... 5

**Жаданов В.И., Инжутов И.С., Украинченко Д.А., Яричевский И.И.** О неиспользуемых резервах в проектировании панельных конструкций на основе деревянного каркаса ..... 15

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

**Шахов С.А., Рогова Е.В.** Влияние механической активации на прочностные свойства зольного цемента ..... 25

**Тацки Л.Н.** Двухстадийная активация – способ повышения качества кирпича пластического формирования ..... 32

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. АВТОМАТИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Герасимов В.В., Исаков А.К., Сафарян Г.Б., Иконников В.В.** Прогнозирование организационно-

технологических решений строительного производства в условиях неопределенности .....	40
<b>ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО</b>	
<b>Хорошилов В.С., Кобелева Н.Н., Губонин П.Н.</b> Математическое моделирование деформационного процесса для изучения перемещений плотины Саяно-Шушенской ГЭС на основе динамической модели (2004–2007 гг.) .....	49
<b>САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА</b>	
<b>Пуговкин А.В., Мукашев А.М.</b> Влияние погрешности измерения температуры воздуха на точность вычисления тепловой энергии, отдаваемой отопительным прибором .....	59
<b>Самарин О.Д.</b> О новом подходе к учету конденсации водяных паров при тепловом расчете воздухоохладителей .....	67
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И МОСТОВ</b>	
<b>Федосов С.В., Грузинцева Н.А., Чистякова Н.Э., Грушина Ю.С., Гусев Б.Н.</b> Совершенствование методики формирования плана технологического контроля производства геотекстильных материалов для дорожного строительства .....	74
<b>СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ</b>	
<b>Мальшева Ю.Э., Дмитриев М.П., Кутумов А.А., Абраменков Э.А.</b> Пневмоударные механизмы с управляемыми дросселями впуска и описание их баро- и термодинамических процессов .....	81
<b>НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ</b>	
<b>Высоцкий Л.И.</b> Эффективное использование новой модели строения турбулентных продольно-однородных потоков при анализе их параметров. Часть II .....	92
<b>Кошелева О.Э., Логвиненко В.А.</b> Термический анализ древесины. Часть I .....	98
<b>Семикопенко И.А., Воронов В.П., Беляев Д.А.</b> Определение равновесной траектории движения частицы материала в периферийной области разделения камеры помола дезинтегратора .....	104
<b>В ЛАБОРАТОРИЯХ ВУЗОВ</b>	
<b>Сазонова С.А., Пономарев А.Б.</b> О некоторых результатах исследований насыпных грунтов .....	109
<b>НАШИ ЮБИЛЯРЫ</b>	
<b>Видный инженер-гидротехник, организатор и ученый (Аркадию Петровичу Яненко – 75 лет) .....</b>	117

THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE  
OF RUSSIAN FEDERATION  
INTERNATIONAL ASSOCIATION  
OF CONSTRUCTION  
HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS  
**NEWS OF HIGHER EDUCATIONAL  
INSTITUTIONS**

# CONSTRUCTION

Scientific-theoretical journal  
Published since March 1958  
Monthly

No. 2 (686)  
February 2016

*Editor-in-Chief* V.G. Sebeshev, PhD, Prof.,  
Honour. Mem. RAACS

*Editorial Board:*

A.A. Afanasyev, DSc (Eng), Prof., Corr. Mem. RAACS  
V.A. Vorobyov, DSc (Eng), Prof., Corr. Mem. RAACS  
V.A. Ignatyev, DSc (Eng), Prof.  
V.I. Kostin, DSc (Eng), Prof. (Deputy Editor-in-Chief)  
G.B. Lebedev, PhD, Ass. Prof. (Deputy Editor-in-Chief)  
L.S. Lyakhovich, DSc (Eng), Prof., Acad. RAACS  
V.I. Morozov, DSc (Eng), Prof.  
Yu.P. Panibratov, DSc (Econ), Prof., Acad. RAACS  
Yu.P. Pravdivets, DSc (Eng), Prof.  
V.G. Sebeshev, PhD, Prof., Honour. Mem. RAACS  
Yu.A. Feofanov, DSc (Eng), Prof.  
Ye.M. Chernyshov, DSc (Eng), Prof., Acad. RAACS

Responsible secretary N.V. Bitkina

*The editorial office's address:*

113 Leningradskaya St. Novosibirsk 630008  
Phone number/fax +7 (383) 266 28 59  
www.sibstrin.ru E-mail: izvuz\_str@sibstrin.ru

## CONTENTS

### BUILDING CONSTRUCTIONS

**Saburov V.F.** Vinfluence of the joint of the crane rail on the work of crane Runways of industrial buildings ..... 5

**Zhadanov V.I., Inzhutov I.S., Ukrainchenko D.A., Yarichevsky I.I.** About not used reserves in design of the panel constructions on the basis of wooden framework ..... 15

### BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

**Shakhov S.A., Rogova E.V.** Influences of the mechanical activating of ash of sediment of waste water treatment on activity of cement ..... 25

**Tatski L.N.** Two-stage activation – method of improving the quality of brick plastic molding ..... 32

### ECONOMICS AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION. AUTOMATION AND CONSTRUCTION TECHNOLOGY

**Gerasimov V.V., Isakov A.K., Safaryan G.B., Ikonnikov V.V.** Prediction of organization and technological solutions construction production under conditions of uncertainty ..... 40

## HYDROTECHNICAL CONSTRUCTION

- Khoroshilov V.S., Kobeleva N.N., Gubonin P.N.** Creation of expected mathematical model for studying of process of movements of a dam of Sayano-Shushenskaya hydroelectric power station on the basis of dynamic model (2004–2007) ..... 49

## SANITARY ENGINEERING

- Pugovkin A.V., Mukashev A.M.** Precision measurement's influence of air temperature on the accuracy calculation of thermal energy given to heating devices ..... 59
- Samarin O.D.** On a new approach to the account of water vapor sweating during thermal calculation of air coolers ..... 67

## CONSTRUCTION OF MOTOR ROADS AND BRIDGES

- Fedosov S.V., Gruzintseva N.A., Chistyakova N.E., Grushina Yu.S., Gusev B.N.** Improved methods of constructing the plan of technology control of geotextiles production for road construction purposes ..... 74

## BUILDING AND ROAD MACHINES

- Malysheva Yu.E., Dmitriev M.P., Kutumov A.A., Abramnikov E.A.** Air percussion mechanisms with controlled throttles intake and a description of their baro- and thermodynamic processes ..... 81

## SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL SECTION

- Vysotskiy L.I.** Efficient use a new model of turbulent structure of a longitudinally-uniform flow when analyzing their parameters. P a r t II ..... 92
- Kosheleva O.E., Logvinenko V.A.** Thermal analysis of the wood. P a r t I ..... 98
- Semikopenko I.A., Voronov V.P., Belyaev D.A.** Determination of equilibrium trajectory of movement of the material particles in the peripheral area of disintegrator separation mill chamber ..... 104

## IN HIGHER SCHOOL LABS

- Sazonova S.A., Ponomarev A.B.** Some research results of fill soils ..... 109

## JUBILEE'S ARTICLES

- The prominent hidrotechnical engineer, the organizer and the scientist (Arkady Petrovich Yanenko – 75 years)** ..... 117

## САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА



УДК 697.358

А.В. ПУГОВКИН, А.М. МУКАШЕВ

### ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ТОЧНОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, ОТДАВАЕМОЙ ОТОПИТЕЛЬНЫМ ПРИБОРОМ\*

Рассматривается влияние погрешности измерения температуры воздуха на точность вычисления тепловой энергии. Этот вопрос актуален, поскольку появляется возможность отказаться от измерения температуры воздуха и перейти к однокатчиковому режиму, когда температура воздуха считается заданной ( $T_{\text{норм}}$ ). Для обоснования этого применен статистический подход, позволяющий находить математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение функции ошибки. Полученные теоретические и экспериментальные результаты показывают, что при однокатчиковом режиме влияние этой составляющей погрешности удовлетворяет коммерческому применению.

**Ключевые слова:** тепловая энергия, коэффициент теплоотдачи, температурный напор, однокатчиковый режим, погрешность.

В системах отопления основную долю (95 %) составляют системы с вертикальной разводкой, в том числе и в многоквартирных жилых домах. Поквартирный учет потребляемой тепловой энергии в таких системах не нашел массового применения из-за сложности реализации. Для систем отопления с горизонтальной разводкой есть приемлемые решения, однако они не применимы для вертикальной разводки в силу малых перепадов температур и необходимости измерения расхода теплоносителя. Это приводит к низкой точности измерений и высокой стоимости оборудования.

Известны частные решения для систем с вертикальной разводкой [1], но они обладают низкой точностью измерений, так как не учитывают индивидуальных характеристик отопительных приборов. Эти системы не нашли широкого применения в России и странах СНГ.

Решение данной проблемы возможно с использованием методов, основанных на применении уравнения Ньютона–Рихмана. Согласно этому

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по контракту № 02.G25.31.0107 от 14 августа 2014 г.

методу, тепловая мощность  $P_{\text{тепл}}$ , отдаваемая отопительным прибором, находится как произведение температурного напора и коэффициента теплоотдачи  $G_{\text{ист}}$  [2, 3]:

$$P_{\text{тепл}} = G_{\text{ист}} (T_{\text{ист}} - T_{\text{возд}}), \quad (1)$$

где  $T_{\text{ист}}$  – средняя температура поверхности отопительного прибора;

$T_{\text{возд}}$  – средняя температура воздуха в помещении;

$T_{\text{ист}} - T_{\text{возд}}$  – температурный напор.

К настоящему времени сложилось два подхода учета тепловой энергии. В первом в соответствии с выражением (1) тепловая мощность находится в физических единицах, во втором – измеряется только температурный напор, а знание абсолютного значения коэффициента теплоотдачи не требуется. Такие системы носят название распределителей учета стоимости тепловой энергии: находится доля тепла, потребленного отдельным помещением, по отношению к общей энергии, потребленной домом. В обоих случаях нужно решать вопрос о необходимости и точности измерения температуры воздуха.

В соответствии с рекомендацией европейского стандарта EN 1434-1 предлагается измерять температуру воздуха на расстоянии 0,75 м от пола и 1,5 м от отопительного прибора. Этот стандарт требует отдельного термодатчика. Хотя на практике пытаются совместить датчик измерения температуры воздуха и температуры источника в одном устройстве [4]. Точность измерения средней температуры воздуха не гарантируется, так как в результате того, что датчик находится вблизи источника, он показывает существенно завышенные значения температуры воздуха.

Вопросам измерения температурного напора и нахождения погрешности посвящен ряд работ, и в том числе [4–7]. В работе [5] описывается прибор распределения стоимости потребленной тепловой энергии Dorgimo III. Он начинает считать тепловую энергию, если температурный напор превышает 4 °С. При этом одновременно температура поверхности радиатора должна составлять не менее 23 °С. Анализ, проведенный в этой работе, показывает, что погрешность показаний теплопотребления может достигать 15–25 %.

В работе [6] авторами приводятся результаты экспериментального исследования интегрированной системы учета тепла, функционирующей по классическому методу, когда измеряется перепад температур на входе и выходе отопительного прибора и расход теплоносителя. Погрешности в данном случае достаточно высокие (до 18 %).

В статье [7] исследуется тепловой режим исторических зданий. Описываются методы учета тепла, которые могут быть применимы в этих зданиях. Измерителем тепловой энергии является распределитель стоимости потребленной теплоты. Он работает как в одноканальном, так и в двухканальном режиме. Погрешность составляет от 4,4 до 21,6 %. Авторы объясняют ее тем, что исторические здания за счет своих структурных и архитектурных ограничений не позволяют добиться более точных результатов.

В работе [4] на примере прибора фирмы «Данфосс» пытаются выяснить необходимое количество датчиков температуры: два или один. Однокан-

чиковый прибор, безусловно, дает некоторую погрешность при измерении, когда температура в комнате больше или меньше +20 °С. Однако она не превышает погрешность измерения распределителей с двумя датчиками, в которых датчик температуры воздуха находится внутри корпуса прибора, в непосредственной близости от поверхности нагретого радиатора. Преимущество распределителей с одним датчиком помимо более простой конструкции состоит в том, что на их показания невозможно повлиять, даже если закрыть распределитель теплоизоляционным экраном. По стандарту EN 834 применение двухдатчикового прибора более целесообразно только в системах отопления с низкими проектными температурами (до +55 °С).

Приведенный обзор показывает, что погрешность измерения тепловой энергии достаточно велика и может достигать 20 %.

Целью данной работы является оценка влияния измерения температуры воздуха на точность вычисления тепловой энергии и обоснование возможности отказа от датчика температуры воздуха в помещении, т.е. перехода к одноплатчиковому режиму. Для достижения данной цели необходимо решение следующих задач:

1. Получение аналитического выражения для нахождения погрешности вычисления тепловой энергии и параметров, влияющих на данную погрешность.
2. Применение статистического подхода для обоснования перехода к одноплатчиковому режиму.
3. Анализ полученных результатов и выбор рекомендаций для практического применения, а именно исключение из аппаратных средств датчика температуры воздуха.

Для решения поставленных задач получим выражение для абсолютной погрешности вычисления тепловой мощности  $\Delta P$  согласно выражению (1), полагая, что:

$$T_{\text{возд}} = T_{\text{норм}} + \Delta T_{\text{возд}}, \quad (2)$$

где  $\Delta T_{\text{возд}}$  – случайная величина, характеризующая отклонение температуры воздуха от значения нормировки. Учитываем, что в условиях эксплуатации  $T_{\text{возд}}$  может отличаться от  $T_{\text{норм}}$  на  $\Delta T$ . Исходя из этого:

$$P_{\text{тепл}} = G_{\text{ист}} (T_{\text{ист}} - T_{\text{норм}}) \left( 1 - \frac{T_{\text{возд.тек}} - T_{\text{норм}}}{T_{\text{ист}} - T_{\text{норм}}} \right), \quad (3)$$

где значение  $\Delta P = \frac{T_{\text{возд.тек}} - T_{\text{норм}}}{T_{\text{ист}} - T_{\text{норм}}}$ .

В выражении (3) независимая переменная  $T_{\text{возд.тек}}$ , а  $T_{\text{ист}}$  и  $T_{\text{норм}}$  – параметры (в приведенном ниже примере  $T_{\text{ист}} = 50$  °С, а  $T_{\text{норм}} = 22$  и  $19$  °С). При заданных параметрах величина погрешности  $\Delta P$  за счет ошибки измерения температуры воздуха зависит только от значения  $T_{\text{возд.тек}}$ . На рис. 1 приведена зависимость функции ошибки от температуры воздуха.

При эксплуатации отопления в помещении температура воздуха может принимать различные значения, а функция ошибки (как мы можем заметить из рис. 1) – как положительные, так и отрицательные значения.

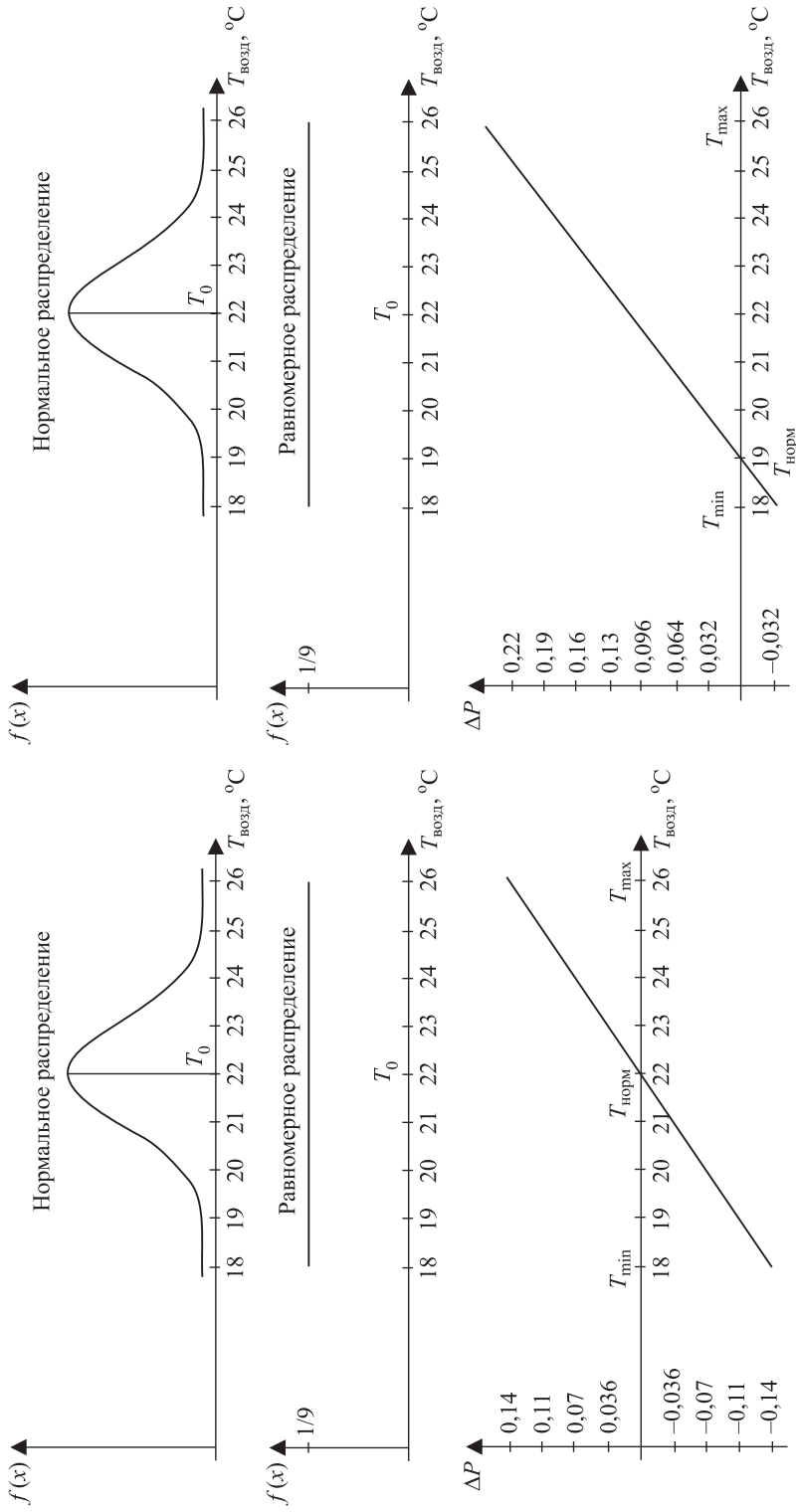


Рис. 1. Зависимость функции ошибки и плотности вероятности от температуры воздуха



Если провести усреднения за длительный промежуток времени, то суммарная погрешность может быть существенно уменьшена (в пределе стремится к нулю).

На практике распределение температур воздуха от  $T_{\min}$  до  $T_{\max}$  можно описать функцией плотности вероятностей. При моделировании случайных процессов чаще всего применяют равномерный и нормальный законы распределения. Эти зависимости также приведены на рис. 1. При равномерном распределении вероятность появления температур в диапазоне от  $T_{\min}$  до  $T_{\max}$  одинакова. На практике данное распределение не встречается. При нормальном законе распределения вероятность появления значения температур воздуха носит неравномерный характер и определяется двумя параметрами: математическим ожиданием (средним значением) и дисперсией (среднеквадратическим отклонением). Для нормального и равномерного распределения центр функции плотности вероятности обозначим как  $T_0$ .

Зная тепловую мощность, можно найти тепловую энергию  $W$  путем интегрирования за определенный промежуток времени. Интегрирование можно осуществить, применяя функцию плотности вероятности. Зная общее количество отсчетов  $N$  значений  $T_{\text{возд}}$  и функцию плотности вероятности их появления, запишем выражение для энергии следующим образом:

$$W = N \sum_{i=-k}^k P(T_0 + i\Delta T) f(T_0 + i\Delta T) \Delta t, \quad (4)$$

где  $\Delta t$  – интервал взятия отсчетов.

Как и тепловая мощность, тепловая энергия тоже имеет некоторую погрешность. Ее величина  $\Delta W$  в соответствии с выражением (3) находится по формуле:

$$\Delta W = N \sum_{i=-k}^k f(T_0 + i\Delta T) (T_0 + i\Delta T) \Delta t. \quad (5)$$

В общем случае значения  $T_0$  и  $T_{\text{норм}}$  не совпадают, поскольку средняя температура воздуха в помещении может зависеть от условий эксплуатации и предпочтения пользователей.

Из формулы (2) видно, что при проведении усреднения наиболее благоприятным случаем является совпадение температуры нормировки с  $T_0$ , так как суммарная погрешность будет минимальной. Наиболее неблагоприятный случай, когда температура нормировки совпадает с  $T_{\min}$  или  $T_{\max}$ .

Для расчета погрешностей необходимо выбрать значения  $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$  и  $T_{\text{ист}}$ ,  $T_{\min}$  зададим равной 18 °С, а  $T_{\max}$  – 26 °С. Предполагается, что данный промежуток достаточно широк, и средняя температура воздуха в помещении будет находиться в данном интервале. Также зададим  $T_{\text{ист}}$ , равное 50 °С.

Нами проведены расчеты погрешности тепловой энергии  $\Delta W$  для равномерного и нормального распределения. Для нормального распределения рассмотрены два значения среднеквадратического отклонения  $\sigma$ : 2 и 4 °С.

Результаты расчета погрешности измерения тепловой энергии приведены на рис. 2.

В заданном диапазоне температур максимальная погрешность измерения тепловой энергии для равномерного распределения примерно составля-

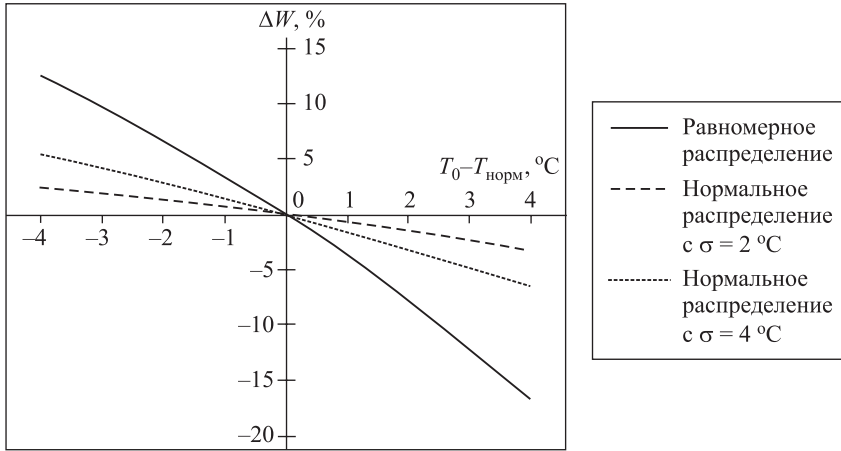


Рис. 2. Зависимость погрешности измерения тепловой энергии от  $T_0 - T_{\text{норм}}$

ет 15 %, для нормального распределения она значительно уменьшена (не более 5 %). При уменьшении  $\sigma$  до 2 °C максимальная погрешность – 3 %. Следовательно, при усреднении показаний мощности за продолжительный промежуток времени погрешность измерения тепловой энергии может быть снижена.

Для экспериментальной проверки исследовалось поведение температуры воздуха в жилом помещении в течение месяца (в зимний период).

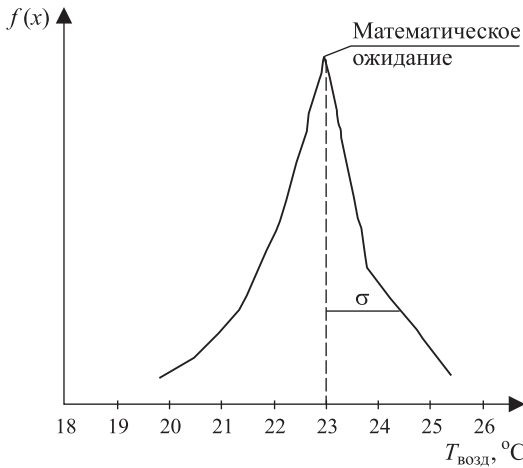


Рис. 3. Экспериментальная функция плотности вероятности

Экспериментальная функция плотности вероятности приведена на рис. 3.

Эту функцию можно аппроксимировать нормальным законом с математическим ожиданием 23 °C и  $\sigma = 1,5$  °C. Максимальная погрешность в данном случае будет несколько меньше, чем в примере, приведенном на рис. 2.

При эксплуатации отопительных приборов  $T_{\text{ист}}$  в течение длительного времени также меняется. Погрешность измерения тепловой энергии в соответствии с выражением (3) зависит от температуры источника. Проведя усреднения за длительный

промежуток по данному параметру, можно получить дополнительные снижения погрешности. Графики погрешности для различных температур источника приведены для нормального распределения с  $\sigma = 2$  на рис. 4.

В этом случае максимальная погрешность меняется от 4 до –6 %. Поскольку эта величина случайна, по ней можно провести дополнительные усреднения. Средняя зависимость приведена на рис. 4, погрешность изменяется от 2 до –3,5 %.

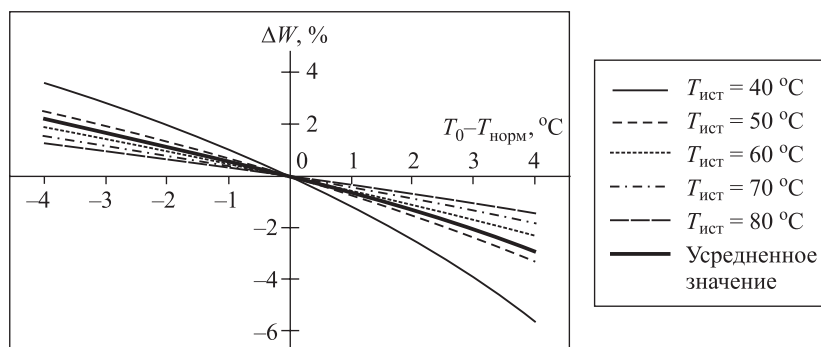


Рис. 4. Зависимость погрешности измерения тепловой энергии от  $T_0 - T_{\text{норм}}$

Кроме того, погрешность можно снижать, задавая определенную температуру  $T_{\text{норм}}$  для каждого помещения. Это происходит путем измерения температуры воздуха в помещении при запуске системы отопления в эксплуатацию или на этапе калибровки отопительного прибора. Уменьшение разницы  $T_0 - T_{\text{норм}}$  на  $1^\circ\text{C}$  приведет к дополнительному снижению погрешности на  $0,5\%$ .

Проведенные нами теоретические и экспериментальные исследования показали, что погрешность вычисления тепловой энергии за счет влияния точности измерения температуры воздуха в течение продолжительного промежутка времени не превышает  $2-3\%$ , что позволяет отказаться от датчика измерения температуры воздуха и существенно упростить аппаратную реализацию теплосчетчика.

*Авторы выражают свою признательность Низовцеву Михаилу Ивановичу за интерес, проявленный к работе, и содержательные замечания.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Казачков В.С., Шалай В.В., Попов А.А. Учет теплотребления в многоквартирных домах // Ом. науч. вестн. Сер. Приборы, машины и технологии. 2007. № 3(60). С. 78–83.
2. Карпов В.Н. Поквартирный учет расхода тепла в системах отопления. Проблемы внедрения // АВОК. 2012. № 4. С. 50–58.
3. Степной В.С., Абрамчук С.И., Мукашев А.М., Пуговкин А.В. Эквивалентные электрические схемы отопительных приборов // Докл. ТУСУР. 2014. № 1(31). С. 238–241.
4. Никитина С. Особенности российского рынка индивидуального учета тепла // АВОК. 2015. № 5. С. 30–34.
5. Кондрашова Е.С. Проблемы индивидуального учета тепла в жилом доме // V науч.-практ. конф. «Информационно-измерительная техника и технологии», Томск, 19–23 мая 2014 г. Томск, 2014. С. 106–110.
6. Selenza L., Dell'Isola M., D'Alessio R., Ficco G., Vigo P., Viola A. Metrological analysis of smart heat meter, 16th International Flow Measurement Conference, FLOMEKO 2013, 24–26th September 2013. Paris, 2013. Pp. 546–550.
7. Selenza L., Dell'Isola M., Ficco G., Palella I. Heat accounting in historical buildings. Energy and Buildings, 2014.

**Пуговкин Алексей Викторович**, д-р техн. наук, проф.; E-mail: pugovkinav@ngs.ru  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
**Мукашев Алишер Мухтарович**, студ.; E-mail: ali\_2475@mail.ru  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Получено 13.01.16

**Pugovkin Alexey Viktorovich**, DSc, Professor; E-mail: pugovkinav@ngs.ru  
Tomsk State University of System Controls and Radioelectronics, Russia  
**Mukashev Alisher Mukhtarovich**, Student; E-mail: ali\_2475@mail.ru  
Tomsk State University of System Controls and Radioelectronics, Russia

## **PRECISION MEASUREMENT'S INFLUENCE OF AIR TEMPERATURE ON THE ACCURACY CALCULATION OF THERMAL ENERGY GIVEN TO HEATING DEVICES**

The paper examines the impact of the error on the temperature measurement accuracy of calculation thermal energy. This question is relevant because it is possible to abandon the air temperature and go to mode with one sensor, when the air temperature is assumed to be given ( $T_{\text{norm}}$ ). To substantiate this, the statistical approach used for finding the mean and standard deviation of the error function. The theoretical and experimental results show that when mode with one sensor, the effect of this error component satisfies commercial application.

**Key words:** thermal energy, heat transfer coefficient, temperature difference, mode with one sensor, error.

### REFERENCES

1. Kazachkov V.S., Shalay V.V., Popov A.A. Uchet teplopotrebleniya v mnogokvartirnykh domakh [Accounting of of heat consumption in apartment buildings]. Omskiy nauchnyy vestnik. Seriya. Pribory, mashiny i tekhnologii [Omsk Scientific Bulletin. Series. Devices, machines and technologies]. 2007. No. 3(60). Pp. 78–83. (in Russia)
2. Karпов V.N. Pokvartirnyy uchet raskhoda tepla v sistemakh otopeniya. Problemy vnedreniya [The every apartment keeping heat consumption in heating systems. Problems of implementation]. AVOK. 2012. No. 4. Pp. 50–58. (in Russia)
3. Stepnoy V.S., Abramchuk S.I., Mukashev A.M., Pugovkin A.V. Ekvivalentnye elektricheskie skhemy otopitel'nykh priborov [Equivalent electric circuit heaters]. Doklady TUSUR [Reports TUSUR]. 2014. No. 1(31). Pp. 238–241. (in Russia)
4. Nikitina S. Osobennosti rossiyskogo rynka individual'nogo ucheta tepla [Features of the Russian individual heat metering market]. AVOK. 2015. No. 5. Pp. 30–34. (in Russia)
5. Kondrashova E.S. Problemy individual'nogo ucheta tepla v zhilom dome [The individual heat metering problems in a building]. V nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Informatsionno-izmeritel'naya tekhnika i tekhnologii» [V Scientific-practical conference «Information and measuring equipment and technology»]. Tomsk, 2014. Pp. 106–110. (in Russia)
6. Selenza L., Dell'Isola M., D'Alessio R., Ficco G., Vigo P., Viola A. Metrological analysis of smart heat meter, 16th International Flow Measurement Conference, FLOMEKO 2013, 24–26th September 2013. Paris, 2013. Pp. 546–550.
7. Selenza L., Dell'Isola M., Ficco G., Palella I. Heat accounting in historical buildings. Energy and Buildings, 2014.