

Контроль. Диагностика

TESTING. DIAGNOSTICS



11 (101) 2006
ноябрь



Оборудование ультразвукового контроля

ОБОРУДОВАНИЕ РУЧНОГО И МЕХАНИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ

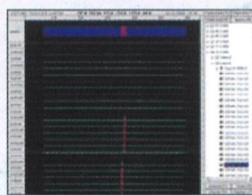
УИУ "СКАРУЧ"

малогабаритная ультразвуковая измерительная установка серии "Сканер"



ОБОРУДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ

АУИУ "Сканер" - ультразвуковой многоканальный дефектоскоп



Установки механизированного УЗК

Сварных швов труб, листов, баллонов, валов, дисков ПЭ трубопроводов



Установки АУЗК

Сварных швов труб, листов, сосудов Нержавеющих и титановых труб Бесшовных труб



000 "Алтеc", г. Москва, Токмаков пер., д.14, стр. 3
<http://www.ndt.ru/ultes> e-mail: info@ultes.info

тел./факс: (495) 267-99-77, 265-10-83
(495) 267-67-92, 265-17-82

Нашему предприятию
15 лет!

Контроль. Диагностика



№ 11(101) ноябрь 2006

Главный редактор
В.В. КЛЮЕВ, акад. РАН
Заместители
главного редактора:
В.Г. ШЕВАЛДЫКИН
П.Е. КЛЕЙЗЕР

Редакционный совет:

В.Я. БЕЛОБРАГИН
О.Н. БУДАДИН
В.П. ВАВИЛОВ
Б.И. ГЕРАСИМОВ
В.А. ГОЛЕНКОВ
Э.С. ГОРКУНОВ
А.К. ДЕНЕЛЬ
А.Ю. ДЕТКОВ
Ю.Б. ДРОБОТ
И.Н. ЕРМОЛОВ
И.Н. ЖЕСТКОВА
С.П. ЗАРИЦКИЙ
Г.В. ЗУСМАН
А.В. КОВАЛЕВ
В.С. КОТЕЛЬНИКОВ
В.Р. КУЗЬМИН
В.Ф. МУЖИЦКИЙ
В.И. МУРАВЬЕВ
Е.Г. НАХАПЕТЯН
П.П. ПАРХОМЕНКО
К.В. ПОДМАСТЕРЬЕВ
О.Н. РУМЯНЦЕВА
Н.А. СЕМАШКО
Ю.С. СТЕПАНОВ
А.Г. СУСЛОВ
В.В. СУХОРУКОВ
С.А. ТИМАШЕВ
В.М. ТРУХАНОВ
В.Л. ЧАХЛОВ
Г.С. ШЕЛИХОВ
В.И. ЭТИНГОВ

Ответственные за подготовку и выпуск номера:

П.Е. КЛЕЙЗЕР
С.В. СИДОРЕНКО
В.Г. ШЕВАЛДЫКИН
А.Г. ГАНЖЕНКО
Д.А. ЕЛИСЕЕВ

Журнал зарегистрирован
в Государственном Комитете
Российской Федерации по печати.
Свидетельство о регистрации
№ 016960 от 25.12.97

Журнал распространяется по
подписке, которую можно оформить
в любом почтовом отделении
(индекс по каталогу агентства
Роспечать – 47649,
по Объединенному каталогу
"Пресса России" – 29075,
по каталогу "Почта России" – 60260)
или непосредственно в издательстве.
Тел.: (495) 268 36 54; 268 69 19
Факс: (495) 269 48 97; 268 85 26
Http://www.Mashin.ru
E-mail: td@mashin.ru

СОДЕРЖАНИЕ

● ИНФОРМАЦИЯ

Коновалов Н.Н., Бирюкова Н.П., Лисицын В.И., Полковников А.В. Всероссийский конкурс специалистов неразрушающего контроля – 2006 3

● КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА ЗА РУБЕЖОМ

Ланге Ю.В. По страницам иностранных журналов 8

● ТЕОРИЯ, МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Киржанов Д.В., Лебедев О.В., Будадин О.Н., Авраменко В.Г. Выбор оптимальной физико-математической модели для диагностики светопрозрачных ограждающих конструкций 15

Ким-Серебряков Д.В., Авраменко В.Г., Лебедев О.В., Будадин О.Н., Киржанов Д.В. Тепловой контроль динамики остывания строительной конструкции при отключении систем теплоснабжения 19

Смирнов Ю.В., Малай В.А., Будадин О.Н., Троицкий-Марков Т.Е. Тепловой контроль и мониторинг технического состояния потенциально опасных объектов в условиях ограниченного доступа 24

Хренников А.Ю., Щербаков В.В., Языков С.А. Тепловизионный контроль как средство для обнаружения дефектов высоковольтного электрооборудования 28

Асадов Х.Г., Керимов М.Д. Об оптимизации нестационарного режима работы систем дистанционного зондирования на примере теплового контроля энергоэффективности зданий и сооружений 33

Чуриков А.А., Антонова Л.Л. Методика определения геометрических и временных параметров неразрушающего контроля комплекса теплофизических свойств 36

Романенко Г.В., Чернышов В.Н. Повышение метрологического уровня методов и средств неразрушающего контроля ТФС материалов на основе алгоритмов оптимальной обработки контролируемых температурных полей 46

Ксенофонтов В.Е. Разработка методов оценивания и диагностирования эффективности функционирования навигационных комплексов летательных аппаратов 50

Чуприн В.А., Галаненко Д.В., Мищенко В.П. Вопросы автоматизации приемочного неразрушающего контроля металлоизделий на промышленных предприятиях СНГ 54

Суслин М.А. Основы расчета микроволновых резонансных систем датчиков неразрушающего контроля исследуемых объектов 60

Зацепин Н.Н. Магнитостатика деформированных тел. 1. Вывод дифференциальных уравнений, описывающих закономерности относительных напряжений и обобщенной коэрцитивной силы 70

Журнал входит в перечень изданий, утвержденных ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней.

При перепечатке материалов ссылка на журнал "Контроль. Диагностика" обязательна. За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.



Д.В. Ким-Серебряков, В.Г. Авраменко, О.В. Лебедев, О.Н. Будадин, Д.В. Киржанов
(Технологический институт энергетических исследований, диагностики
и неразрушающего контроля "ВЕМО",
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва)

Тепловой контроль динамики остывания строительной конструкции при отключении систем теплоснабжения

В настоящее время существенная часть аппаратного обеспечения ЖКХ находится в предаварийном состоянии. Это связано с тем, что значительная часть основных фондов производственных строительных конструкций превысила допустимый ресурс эксплуатации, что привело к увеличению расхода энергоносителей. Нормальной практикой на территории России являются показатели удельного потребления условного топлива на человека, превышающие в несколько раз аналогичные западные [1]. Также это связано с несоблюдением условий эксплуатации оборудования и отсутствием профилактических работ. Нередки случаи, когда в результате аварии системы теплоснабжения оборудование системы охлаждается до отрицательной температуры. В этом случае неизбежно разрушение оборудования [2].

В связи со сказанным актуальна разработка метода оценки времени, за которое коммунальные службы должны отремонтировать вышедшее из строя оборудование. Это время будем называть остаточным ресурсом теплового состояния критически опасного объема строительных конструкций.

Полезно дополнить метод возможностью оценки этого времени при различных условиях, в том числе и при установке в замерзающих помещениях дополнительных обогревающих устройств, например, электрических.

При отключении системы отопления наиболее актуальна оценка состояния подвального помещения, так как оно остывает быстрее всего, по разным причинам, например, из-за установки пользовательских климатических систем в жилых помещениях здания.

Кроме того, в подвальных помещениях размещается оборудование системы теплоснабжения, наиболее подверженное неисправностям в случае промерзания. Замена этого оборудования — дорогостоящее мероприятие, которое может потребовать вывода здания из эксплуатации.

Предлагаемый способ позволяет рассчитать временную зависимость температуры воздуха внутри объекта, а также внутри слоев ограждающей кон-

рукции объекта при отключении системы поддержания заданного температурного режима внутри объекта. Примером может служить помещение в жилом доме в случае отключения системы обогрева. Метод расчета динамики остывания основывается на решении уравнений теплового баланса для воздуха и различных предметов внутри рассматриваемого объекта совместно с решением нестационарного уравнения теплопроводности внутри многослойных ограждающих конструкций объекта.

Алгоритм расчета

Для определения полного теплового потока $Q(t)$ через внутренние поверхности ограждающих конструкций в момент времени t необходимо мысленно разбить ограждающие конструкции на фрагменты с однородной структурой. Обозначим площадь внутренней поверхности i -го фрагмента A_i , а плотность теплового потока через его внутреннюю поверхность в момент времени t как $q^i(t)$. Полный тепловой поток $Q(t)$ через внутренние поверхности ограждающих конструкций объекта в момент времени t задается соотношением

$$Q(t) = \sum_i A_i q^i(t), \quad (1)$$

где i — номер фрагмента ограждающих конструкций.

Суммирование производится по всем фрагментам.

Плотность теплового потока $q^i(t)$ через внутреннюю поверхность i -го фрагмента в момент времени t определяется из решения уравнения нестационарной теплопроводности внутри каждого слоя j -го фрагмента ограждающих конструкций:

$$C_j^i \frac{\partial T^i(x^i, t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x^i} \left(\lambda_j^i \frac{\partial T^i(x^i, t)}{\partial x^i} \right), \quad (2)$$

где j — номер слоя i -го фрагмента; C_j^i — произведение $c_j^i \rho_j^i$; c_j^i — удельная теплоемкость j -го слоя i -го фрагмента; ρ_j^i — плотность j -го слоя i -го фрагмента; $T^i(x^i, t)$ — температура внутри i -го фрагмента в точке с координатой x^i в момент времени t ; x^i — координата точки внутри i -го фрагмента ограждающих конст-

ций, равная расстоянию от данной точки до внутренней поверхности i -го фрагмента; t — момент времени; λ_j^i — коэффициент теплопроводности j -го слоя i -го фрагмента.

При решении уравнения (2) необходимо использовать граничные условия

$$\begin{aligned} \lambda_b^i \frac{\partial T^i(x^i, t)}{\partial x^i} \Big|_{x=0} &= \alpha_b^i [T^i(0, t) - T^b(t)]; \\ \lambda_n^i \frac{\partial T^i(x^i, t)}{\partial x} \Big|_{x=L} &= \alpha_n^i [T_i^n(t) - T^i(L, t)], \end{aligned} \quad (3)$$

где λ_b^i — коэффициент теплопроводности внутреннего слоя i -го фрагмента; α_b^i — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности i -го фрагмента; λ_n^i — коэффициент теплопроводности внешнего слоя i -го фрагмента; L — координата внешней поверхности i -го фрагмента; α_n^i — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности i -го фрагмента; $T_i^n(t)$ — измеренное значение температуры воздуха вблизи наружной поверхности i -го фрагмента в момент времени t .

Если i -й фрагмент граничит с фундаментом, то для него необходимо использовать следующие граничные условия:

$$\begin{aligned} \lambda_b^i \frac{\partial T^i(x^i, t)}{\partial x^i} \Big|_{x=0} &= \alpha_b^i [T^i(0, t) - T^b(t)]; \\ \lambda_n^i \frac{\partial T^i(x^i, t)}{\partial x} \Big|_{x=L} &= \frac{T^b(t_{\text{нач}}) - T_i^n(t_{\text{нач}})}{R^i}, \end{aligned} \quad (4)$$

где R^i — эффективное значение сопротивления теплопередаче i -го фрагмента; $T^b(t_{\text{нач}})$ — температура внутренней окружающей среды, с которой граничит рассматриваемый объект.

Начальное распределение температуры внутри i -го фрагмента ограждающих конструкций определяется из решения уравнения стационарной теплопроводности в каждом слое i -го фрагмента:

$$\frac{\partial}{\partial x^i} \left(\lambda_j^i \frac{\partial T^i(x^i)}{\partial x^i} \right) = 0 \quad (5)$$

с граничными условиями

$$\begin{aligned} \lambda_b^i \frac{\partial T^i(x^i, t_{\text{нач}})}{\partial x^i} \Big|_{x=0} &= \alpha_b^i [T^i(0, t_{\text{нач}}) - T^b(t_{\text{нач}})]; \\ \lambda_n^i \frac{\partial T^i(x^i, t_{\text{нач}})}{\partial x} \Big|_{x=L} &= \alpha_n^i [T_i^n(t_{\text{нач}}) - T^i(L, t_{\text{нач}})]. \end{aligned} \quad (6)$$

Для фрагментов, граничащих с фундаментом, граничные условия имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \lambda_b^i \frac{\partial T^i(x^i, t_{\text{нач}})}{\partial x^i} \Big|_{x=0} &= \alpha_b^i [T^i(0, t_{\text{нач}}) - T^b(t_{\text{нач}})]; \\ \lambda_n^i \frac{\partial T^i(x^i, t_{\text{нач}})}{\partial x} \Big|_{x=L} &= \frac{T^b(t_{\text{нач}}) - T_i^n(t_{\text{нач}})}{R^i}. \end{aligned} \quad (7)$$

Из уравнений (1)–(7) следует, что температура внутреннего воздуха $T^b(t)$ в момент времени t может быть рассчитана для произвольного набора теплотехнических параметров Θ объекта всех фрагментов ограждающих конструкций объекта.

Измеренное и рассчитанное значения температуры воздуха сравнивают на основании зависимости

$$G(\Theta) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (T^b(t_n, \Theta) - \bar{T}^b(t_n))^2, \quad (8)$$

где N — число замеров температуры воздуха внутри объекта; t_n — момент n -го замера температуры воздуха внутри объекта; $T^b(t_n, \Theta)$ — рассчитанная температура воздуха внутри объекта в момент времени t_n для значений теплотехнических параметров Θ ; $\bar{T}^b(t_n)$ — измеренная температура воздуха внутри объекта в момент времени t_n .

Выбранные значения теплотехнических параметров объекта обеспечивают минимальное значение зависимости $G(\Theta)$.

На основании выбранных значений параметров строят график зависимости температуры $T^b(t)$ воздуха внутри замкнутого объекта от времени при отключенной системе поддержания заданной температуры воздуха внутри объекта, используя систему уравнений теплового баланса (1). Для этого произвольно задают температуру воздуха внутри объекта $T_{\text{нач}}^b$ в момент отключения системы поддержания заданной температуры воздуха внутри объекта и температуры $T_i^n(t)$ воздуха вблизи всех наружных поверхностей всех однородных фрагментов, ограждающих конструкций объекта в произвольный момент времени t , а мощность тепловой пушки $P^b(t)$ полагают равной нулю.

Пример расчета

Рассмотрим пример определения зависимости температуры внутри замкнутого объекта от времени при отключении системы поддержания заданной температуры воздуха внутри объекта.

В качестве объекта было выбрано гаражное помещение со следующими размерами: длина 6,0 м, ширина 3,6 м, высота 2,15 м. Стены гаража сложены из си-



ликатного кирпича, крыша — из железобетонных плит. Ворота размером 2,4×1,8 м изготовлены из досок и обиты снаружи стальным листом. Пол бетонный.

Ограждающие конструкции гаража были разбиты на 7 фрагментов с однородной структурой. Расположение фрагментов разбивки и их нумерация указаны на рис. 1.

Размеры всех фрагментов, кроме фундамента, определялись при измерении по внешней поверхности фрагментов. Для фундамента приведены размеры области, ограниченной внутренними поверхностями стенок гаража. Указанные на рис. 1 размеры были определены с точностью до 1 мм.

По результатам измерений были рассчитаны значения толщины всех фрагментов ограждающих конструкций (кроме фундамента), а также площади этих фрагментов. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

При расчетах толщин и площадей фрагментов использовались следующие формулы:

$$L_1 = L_2 = (W_4 - W_3) / 2; \quad (9)$$

$$L_4 = L_5 = (W_1 - H_3) / 2; \quad (10)$$

$$A_2 = H_2 L_2; \quad (11)$$

$$A_1 = H_1 W_3^1 - A_2; \quad (12)$$

1. Толщина и площадь фрагментов ограждающих конструкций с однородной структурой

Фрагмент	Толщина, м	Площадь, м ²
Передняя стена	$L_1 = 0,25$	$A_1 = 2,13$
Дверь	$L_2 = 0,05$	$A_2 = 4,32$
Фундамент	L_3 — не известно	$A_3 = 16,5$
Боковые стены	$L_4 = L_5 = 0,25$	$A_4 = A_5 = 11,825$
Задняя стена	$L_6 = 0,25$	$A_6 = 6,45$
Крыша	$L_7 = 0,1$	$A_7 = 16,5$

$$A_3 = W_3^1 W_3^2; \quad (13)$$

$$A_4 = A_5 = H_4 W_3^2; \quad (14)$$

$$A_6 = H_6 W_3^1; \quad (15)$$

$$A_7 = A_3, \quad (16)$$

при выводе которых предполагались равенства $L_1 = L_2$ и $L_4 = L_5$.

Внутри гаража был установлен самописец с подключенным датчиком температуры воздуха с точностью регистрации до 0,5 °С в течение 5 суток с интервалом между последовательными измерениями 300 с. Все ограждающие конструкции, кроме фундамента, граничили с атмосферным воздухом, поэтому температура воздуха вблизи наружных поверхностей всех фрагментов ограждающих конструкций (за исключением фундамента) была одинаковой. Для регистрации температуры внешнего воздуха использовался такой же самописец, датчик был установлен вблизи крыши гаража (на расстоянии 10 см от поверхности крыши).

Для нагрева гаража использовали два калорифера; каждый мощностью 2 кВт. В момент включения калориферов температура внутри гаража была 2 °С, а снаружи — 0,5 °С. Нагрев проводили в течение 36 ч. К этому моменту температура внутри гаража повысилась

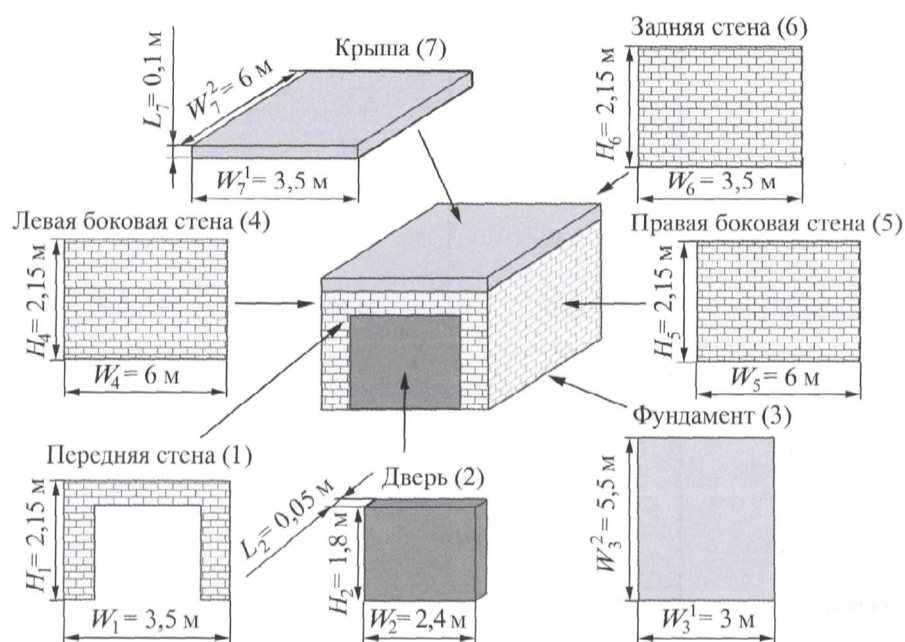


Рис. 1. Схема объекта исследования (гараж) с указанием размеров ограждающих конструкций, разбивкой ограждающих конструкций на фрагменты с однородной структурой и нумерацией фрагментов в скобках

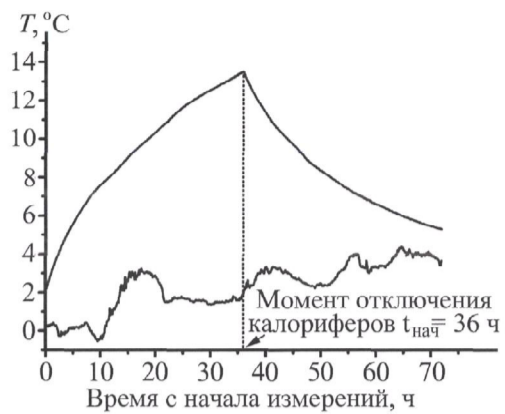


Рис. 2. Зависимость температуры внутреннего (верхняя кривая) и внешнего (нижняя кривая) воздуха от времени

на 11,5 °С. Затем calorifеры отключили и гараж остывал в течение 36 ч. За это время температура понизилась на 8 °С.

Полная продолжительность измерений составила 72 ч, в течение которых фиксировали температуру внутреннего и внешнего воздуха с помощью самописцев показаний датчиков температуры. Графики зависимости температуры от времени представлены на рис. 2.

Так как передняя, задняя и боковые стенки имеют одинаковую структуру, то при расчетах использовали одинаковые значения коэффициентов теплопроводности, теплоемкости и коэффициентов теплоотдачи для фрагментов 1, 4, 5 и 6. Таким образом, для расчета зависимости температуры внутреннего воздуха от времени необходимо определить значения 18 параметров (табл. 2).

Перечисленные параметры определяли сравнением измеренных значений температуры воздуха внутри гаража со значениями, рассчитанными по уравнению теплового баланса (1). Квадратичная невязка (9) минимизировалась методом градиентного спуска. При этом значения параметров варьировались от минимального до максимального значения (см. табл. 2).

2. Теплотехнические параметры, подлежащие определению

Название параметра	Минимальное значение	Максимальное значение	Пробное значение	Выбранное значение
Коэффициент теплопроводности передней, задней и боковой стенок, Вт/(м·°С)	0,35	1,4	0,7	0,6
Теплоемкость передней, задней и боковой стенок, Дж/(м ³ ·°С)	0,8×10 ⁶	3,2×10 ⁶	1,6×10 ⁶	1,7×10 ⁶
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности передней, задней и боковой стенок, Вт/(м ² ·°С)	4	16	8	8,7
Коэффициент теплоотдачи внешней поверхности передней, задней и боковой стенок Вт/(м ² ·°С)	6	24	12	14
Коэффициент теплопроводности двери, Вт/(м·°С)	0,09	0,36	0,18	0,19
Теплоемкость двери, Дж/(м ³ ·°С)	0,5×10 ⁶	2×10 ⁶	1×10 ⁶	1,2×10 ⁶
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности двери, Вт/(м ² ·°С)	4	16	8	8,7
Коэффициент теплоотдачи внешней поверхности двери, Вт/(м ² ·°С)	6	24	12	15
Коэффициент теплопроводности фундамента, Вт/(м·°С)	1,02	4,08	2,04	2,25
Теплоемкость фундамента, Дж/(м ³ ·°С)	1×10 ⁶	4,2×10 ⁶	2,1×10 ⁶	2,4×10 ⁶
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности фундамента, Вт/(м ² ·°С)	4	16	8	9,2
Толщина фундамента, м	0,3	1,4	0,7	0,65
Эффективное значение сопротивления теплопередаче фундамента, м ² ·°С/Вт	0,25	1	0,5	0,75

Название параметра	Минимальное значение	Максимальное значение	Пробное значение	Выбранное значение
Коэффициент теплопроводности крыши, Вт/(м·°С)	1,02	4,08	2,04	1,97
Теплоемкость крыши, Дж/(м ³ ·°С)	1×10 ⁶	4,2×10 ⁶	2,1×10 ⁶	2×10 ⁶
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности крыши, Вт/(м ² ·°С)	4	16	8	7,1
Коэффициент теплоотдачи внешней поверхности крыши, Вт/(м ² ·°С)	6	24	12	13,2
Теплоемкость внутреннего воздуха, Дж/°С	3×10 ⁴	12×10 ⁴	6×10 ⁴	6,2×10 ⁴
Теплоемкость предметов, расположенных внутри гаража, Дж/°С	1×10 ⁴	4×10 ⁴	2×10 ⁴	2,5×10 ⁴

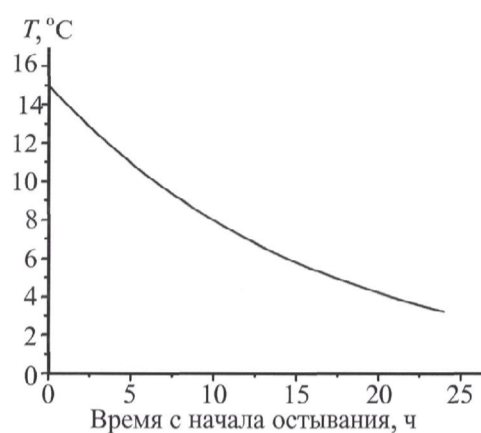


Рис. 3. Зависимость температуры воздуха внутри гаража от времени

Пробные значения параметров, задание которых необходимо в методе градиентного спуска, принимаем равными проектным.

На основе выбранных значений теплотехнических параметров в качестве примера была рассчитана зависимость температуры воздуха внутри гаража от времени в течение 24 часов с момента отключения системы поддержания заданной температуры воздуха внутри гаража. При этом начальная температура воздуха внутри гаража считалась $T_{нач}^в = 15$ °С, а температуру воздуха снаружи гаража приняли постоянной и равной $T_i^в(t) = -5$ °С.

Результаты расчета зависимости температуры от времени представлены на рис. 3.

Выводы

Таким образом, в данной статье описан порядок проведения теплотехнических обследований для оп-

ределения динамики изменения температурного поля внутри зданий и строительных сооружений при отключении системы теплоснабжения этих объектов. Разработанная методика дает возможность установить временную зависимость температуры в произвольной реперной зоне внутри исследуемого строительного объекта при известной начальной температуре внутри объекта и известной температуре окружающей среды. Методика также позволяет сделать качественный вывод о соответствии теплотехнических характеристик здания проектным значениям на основе сравнения кривой остывания, рассчитанной с помощью предлагаемой методики, с кривой, построенной по проектным значениям теплотехнических характеристик материалов, составляющих исследуемый объект.

Теплотехническое обследование строительных объектов для определения динамики их остывания включает в себя:

- анализ структуры исследуемого строительного объекта и выбранной реперной зоны внутри него и выбор соответствующей тепловой схемы, моделирующей теплотехнические свойства объекта;
- измерение и запись в компьютер температур окружающей среды, а также температур и тепловых потоков в специально выбираемых реперных зонах внутри исследуемого объекта;
- расчет кривых остывания здания при различных начальных значениях температуры воздуха внутри и вне здания для заполнения энергетического паспорта здания в графе "по результатам натурных обследований";
- составление протокола результатов исследований.

Кривые остывания рассчитываются для определенной реперной зоны внутри исследуемого объекта. Как правило, в качестве такой зоны выбирается поме-

шение, от температуры в котором функционирование систем теплоснабжения зависит в первую очередь.

Если требуется прогнозирование динамики остывания нескольких помещений внутри здания, то каждое из этих помещений обследуют по отдельности. Данная методика регламентирует проведение обследования лишь в одной из реперных зон. При необходимости обследования остальных реперных зон проводят аналогичные исследования. Результаты обследования обрабатывают по специальной программе на персональном компьютере.

Разработанный метод обладает существенным экономическим и техническим эффектом.

Достоверность и надежность метода подтверждаются обследованиями на практике строительных объектов на территории Москвы. Разработанные математические методы и требования к аппаратному

обеспечению реализованы в виде методик и аппаратно-программных комплексов, использующих стандартные измерительные и вычислительные средства. Созданные методики обеспечивают определение показателей назначения с погрешностью не более 15 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дмитриев А.Н.** Управление энергосберегающими инновациями в строительстве зданий: учеб. пособие. М.: АСВ, 2000. 320 с.
2. **Защита панельных зданий** от воздействия перепада температуры при аварийном отключении отопления // Промышленное и гражданское строительство. 2002. 12.08. <http://www.stroi.ru/tsch/d916dr70220m428.html>.
3. **Lebedev O., Kirzhanov D., Avramenko V. and Budadin O.** Thermal Nondestructive Testing of Buildings in Practice // Proc. of 16th WCNDT. 2004. № 609. P. 1–8.

Ю.В. Смирнов, В.А. Малай (НПП "Старлинк", Москва),
О.Н. Будадин, Т.Е. Троицкий-Марков (Технологический институт энергетических обследований,
диагностики и неразрушающего контроля "ВЕМО", Москва)

Тепловой контроль и мониторинг технического состояния потенциально опасных объектов в условиях ограниченного доступа

Вопросы технической безопасности и энергосбережения в настоящее время стоят особенно остро. Для России эти проблемы в силу географических, социальных и технических причин имеют первостепенную важность. Совершенно очевидной становится невозможность дальнейшего технологического развития страны без соответствующего, даже опережающего развития методов и средств мониторинга и диагностики, направленных на своевременное обнаружение и предотвращение нарушений и аварийных ситуаций.

По оценке ведущих отечественных и зарубежных экспертов, в XXI веке диагностика и контроль качества будут занимать передовые места при решении проблем снижения техногенной аварийности, безопасности эксплуатации, энергосбережения, надежности изделий и объектов.

Основной особенностью современных диагностических средств является необходимость совершенствования существующих и внедрение новых техноло-

гий, позволяющих получать объективную информацию о контролируемых объектах более высокого уровня. Это достигается использованием комплексных методов контроля, интегрированных по различным физическим эффектам, интеллектуализацией диагностических средств и т.п.

Задачи повышения качества продукции и обеспечения надежности и безопасности эксплуатации сложных и потенциально опасных объектов ставят принципиально новые задачи создания методов и программно-аппаратных средств мониторинга их технического состояния.

К ним относятся задачи непрерывного во времени мониторинга температурного состояния сложных и потенциально опасных для человека конструкций в условиях ограниченного доступа и больших размеров (протяженности): шахт, туннелей, электрических кабельных линий, глубоких скважин в земле, трубопроводов на тепловых и атомных электростанциях, емко-