

Обследование системы централизованного отопления многоквартирных жилых домов с применением тепловизора

Рецензия эксперта на статью получена
18.04.2024 [The expert review of the article
was received on April 18, 2024]

Современные методы тепловизионных обследований нашли применение в различных отраслях промышленности. В электроэнергетике они используются для диагностики электрооборудования и воздушных линий электропередач. Не разрушающий тепловой контроль применяется при энергетических и комплексных обследованиях многоквартирных жилых домов, производственных зданий и установок. Он также используется при трассировке и оценке состояния изоляции трубопроводов теплотрасс.

Одним из важных преимуществ тепловизионных методов является возможность проведения дистанционных (бесконтактных) измерений температуры. Однако результаты измерений могут быть подвержены влиянию различных случайных факторов, таких как материалы, размеры и состояние излучающих поверхностей, угол отклонения и расстояние от объекта до тепловизора, состояние атмосферы (температура, влажность, скорость ветра и солнечная радиация), а также наличие внешних источников излучения. Поэтому в практической деятельности полученные результаты носят в основном качественный характер и позволяют определить места расположения дефектов и принять меры для их устранения [1–3].

С развитием технологий тепловизионных приборов и программного обеспечения для обработки термограмм становится возможным не только качественная оценка состояния объектов, но и количественное определение температуры поверхности в заданной точке.

Одной из важных практических задач теплотехники является наладка и пуск в эксплуатацию систем центрального

отопления многоквартирных жилых зданий. Методы регулировки систем водяного двухтрубного отопления, которые применяются при наладке, а также их преимущества и недостатки подробно рассмотрены в работах [4, 5].

Эти методы предполагают наличие проекта системы отопления и возможности проведения технических измерений температуры или расхода теплоносителя во вновь построенных домах. Основные требования к проведению пусконаладочных работ изложены в стандарте ГОСТ Р 59501–2021 [6, 11].

Одной из важных практических задач теплотехники является наладка и пуск в эксплуатацию систем центрального отопления многоквартирных жилых зданий

При подготовке к капитальному ремонту здания необходимо провести обследование системы отопления. В этом случае часто отсутствует проектная документация, а также возникают трудности с измерениями в обустроенных квартирах.

Объектом обследования является жилой восьмиэтажный кирпичный дом 1992 года постройки со встроенными офисными помещениями по адресу: г. Самара, ул. Братьев Коростелевых, д. 81 (рис. 1).

Поводом к проведению обследования системы отопления послужили жалобы жильцов на плохую работу системы отопления: низкая температура в квартирах с первого по четвёртый этажи (подъезды №1–6) в отопительный период.

УДК 697.34; 620.9(075); 519-7. Научная специальность: 05.23.03.

Обследование системы централизованного отопления многоквартирных жилых домов с применением тепловизора

В. И. Немченко, к.т.н., доцент; **М. Ю. Деревянов**, к.т.н., доцент, кафедра управления и системного анализа теплоэнергетических и социотехнических комплексов, Самарский государственный технический университет (СамГТУ, г. Самара); **М. В. Посашков**, к.т.н., доцент, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, Академия строительства и архитектуры (АСА) СамГТУ

Целью работы является разработка методики оценки фактического состояния системы отопления для подготовительных мероприятий по капитальному ремонту многоквартирного жилого здания. Рассмотрены основные этапы работ: подготовка и проведение визуального и инструментального (тепловизионного) обследования жилого здания; восстановление утраченной и составление фактической монтажной документации системы отопления подъездов №1–7; подготовка форм материалов для анализа результатов обследования и разработки рекомендаций по наладке системы отопления жилого здания. Предложенный подход позволяет сделать заключение о качестве эксплуатации системы отопления зданий управляющими компаниями и собственниками квартир, выявить проблемы и разработать мероприятия по их устранению.

Ключевые слова: система отопления, тепловая схема, отопительный прибор, режимная наладка, анализ качества, визуальный осмотр, тепловизионное обследование, бесконтактное измерение температуры поверхности.

UDC 697.34; 620.9(075); 519-7. The number of scientific specialty: 05.23.03.

Inspection of the centralized heating system of apartment buildings using a thermal imager

V. I. Nemchenko, PhD, Associate Professor; **M. Yu. Derevyanov**, PhD, Associate Professor, Department of Management and System Analysis of Thermal Power and Sociotechnical Complexes, Samara State Technical University (SamSTU, Samara city); **M. V. Posashkov**, PhD, Associate Professor, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Academy of Construction and Architecture (ACA) of SamSTU

The aim of the work is to develop a methodology for assessing the actual condition of the heating system for preparatory measures for the overhaul of an apartment building. The main stages of work are considered: preparation and conduct of visual and instrumental (thermal imaging) inspection of a residential building; restoration of lost and compilation of actual installation documentation for the heating system of entrances No. 1–7; preparation of forms of materials for analyzing the results of the survey and developing recommendations for setting up the heating system of a residential building. The proposed approach allows us to draw a conclusion about the quality of operation of the building heating system by management companies and apartment owners, identify problems and develop measures to eliminate them.

Keywords: heating system, thermal circuit, heating device, operational adjustment, quality analysis, visual inspection, thermal imaging examination, non-contact measurement of surface temperature.

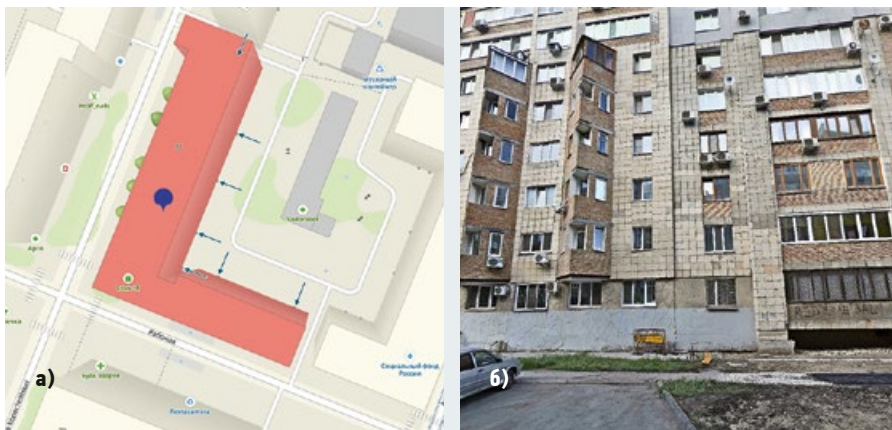


Рис. 1. Ситуационный план (а) и фасад восьмиэтажного жилого дома (б)

Целью работы является выявление фактического состояния системы в плане подготовительных мероприятий по капитальному ремонту системы отопления здания. Были запланированы и проведены следующие работы:

- проведение визуального и инструментального (тепловизионного) обследования жилого здания, предшествовавшего плановому капитальному ремонту системы отопления;
- восстановление утраченной и составление фактической монтажной документации системы отопления подъездов №1–7;
- анализ результатов обследования и разработка рекомендаций по наладке системы отопления жилого здания.

Результаты предварительного обследования МЖД

Многоквартирный жилой дом (МЖД) со встроенными офисными помещениями; число этажей — восемь. Высота этажа — 3 м. Размер окон — 1,2×1,4 м. Наружная несущая стена: толщина — 560 мм, материал стен — кирпич. Общая площадь квартир — 13 030,9 м². Площадь помещений общедомовой собственности составляет 2523,1 м². Общее количество квартир — 125 шт. Число жильцов — 224 человека.

Система теплоснабжения — четырёхтрубная, отопление осуществляется по зависимой схеме от четырёх ИТП ($Q_{\max} = 0,883$ Гкал/ч), горячее водоснабжение — от ЦТП (0,537 Гкал/ч).

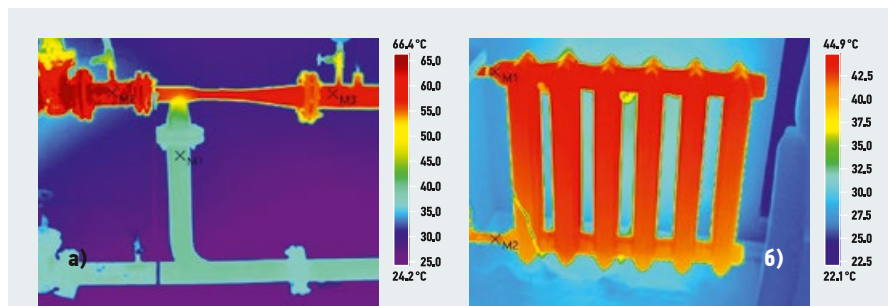


Рис. 2. Термограммы элеваторного узла ИТП №4 (а) и отопительного прибора МС-140М (б) с указанием контрольных точек измерения температуры поверхности M_1 , M_2 и M_3

Узлы учёта тепловой энергии на ИТП не установлены. Система отопления — однотрубная с верхней разводкой. Расчётная температура наружного воздуха $t_{\text{нв}} = -30^\circ\text{C}$ [10]. Расчётная температура воздуха внутри помещений $t_{\text{нв}} = 18^\circ\text{C}$ [10].

Температурный график тепловой сети, согласно договору на теплоснабжение, составляет 135/70°C со срезкой при 121°C и спрямлением при 70°C. Температурный график системы отопления здания — 95/70°C.

Проектная/исполнительная документация для данного объекта, как и для большинства зданий, была утеряна в ходе многочисленных смен управляющих компаний, а поэтажные планы помещений здания были получены в Бюро технической инвентаризации (БТИ). Поэтому одной из задач в ходе исследования было восстановление проектной схемы системы отопления с расчётом тепловых нагрузок.

Обследование и расчёт элеваторных узлов ИТП

Для проведения анализа работы системы отопления здания сначала необходимо убедиться в правильности работы элеваторных узлов индивидуального теплового пункта (ИТП). Правильность работы элеваторного узла оценивается по коэффициенту смешения. Параметры элеватора (диаметры выходного сечения сопла и камеры смешения) рассчитываются для определённых условий (плотность сетевой воды и объёмные расходы), и расчётный коэффициент смешения элеватора будет достигаться только при этих условиях.

При отклонении значений температур и плотности «прямой» сетевой воды от расчётных величин для элеватора изменятся значения расходов воды через сопло, линию подмешивания и диффузор элеватора. При этом расход воды через диффузор равен расходу воды в местной системе отопления. Таким образом, расчётный режим работы элеватора определяется температурой воды в подающей линии тепловой сети, а значит температурой наружного воздуха.

Расчётный коэффициент смешения элеваторного узла по графику 135/70°C [12]:

$$u_p = \frac{T_{1p}^{TP} - T_{3p}^{TP}}{T_{3p}^{TP} - T_{2p}^{TP}} = \frac{135 - 95}{95 - 70} = 1,6. \quad (1)$$

Для определения фактического коэффициента смешения узла необходимо знать температуры элеватора T_1 , T_2 и T_3 , однако стационарные термометры на элеваторных узлах индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) №1–4 после элеватора не предусмотрены, поэтому в дальнейшем используются результаты тепловизионных измерений M_1 , M_2 и M_3 , как это показано на рис. 2а и в табл. 1.

Коэффициент смешения элеваторного узла, вычисленный по термограмме на рис. 2 от 5 апреля 2016 года, для ИТП №4 составляет:

$$u_{T4} = \frac{M_{14} - M_{24}}{M_{24} - M_{34}} = \frac{65,4 - 57,4}{57,4 - 39,5} = 0,44. \quad (2)$$

Результаты измерений на элеваторах стационарными термометрами и тепловизором табл. 1

Обозначение	Температура, °C						Коэффициент смешения элеватора и давление	
	T_1	M_1	T_2	M_2	T_3	M_3	$u_{\text{ТП}}$	P_1/P_2
Расчётное значение	135	135	70	70	95	95	1,6	5,0/4,5
ИТП №1 (подъезды №4, 5, 6)	51	66,2	36	55,6	—	40,1	0,696	5,1/4,6
ИТП №2 (подъезд №3)	52	66,6	30	50,7	—	37,9	1,24	5,1/4,6
ИТП №3 (подъезд №1)	43	66,4	31	51,0	—	39,2	1,305	4,2/4,0
ИТП №4 (подъезд №7)	57	65,4	нет	57,4	—	39,5	0,44	4,7/4,6

Относительный расход воды в системе при $t_{\text{нв}} = 3^\circ\text{C}$ вычислялся по следующему соотношению [12]:

$$y_4 = \frac{(T_{1\text{гр}}^{\text{гр}} - T_{2\text{гр}}^{\text{гр}})(M_{24} + M_{34} - 2t_{\text{нв}})}{(M_{14} - M_{24})(T_{3\text{гр}}^{\text{гр}} + T_{2\text{гр}}^{\text{гр}} - 2t_{\text{нв}})} = \frac{(59,8 - 39,5)(57,4 + 39,5 - 2 \times 3)}{(65,4 - 57,4)(47,3 + 39,5 - 2 \times 3)} = 2,833. \quad (3)$$

Фактический расход воды в системе отопления при графике 95/70°C составляет величину:

$$G_{\text{ф4}} = y_4 G_{\text{р4}} = 2,833 \times 1,492 = 4,277 \text{ т/ч.}$$

Результаты расчёта коэффициентов смешения u_t по данным термографирования элеваторных узлов ИТП №1–4 сведены в табл. 1. Результаты расчёта относительных и фактических расходов по ИТП представлены в табл. 2. Расчётный расход воды по объекту на отопление при графике 135/70°C составляет 13,585 т/ч, а по термограммам при графике 95/70°C он равен 24,67 т/ч.

Анализируя табл. 2 можно сделать вывод о том, что коэффициент смешения $u_{\text{ф}}$ отличается от расчётного $u_{\text{р}}$ для всех ИТП. Для устранения несоответствия необходимо произвести ревизию элеватора: проверить качество обработки камеры смешения, соосность корпуса элеватора с соплом, проконтролировать внутреннюю конусность сопла элеватора, уточнить расстояние от конца сопла до входа в камеру смешения, оптимальное расстояние составляет величину 1,5d или 3,8d (здесь d — диаметр сопла).

Визуальное обследование системы отопления

В ходе обследования было зафиксировано расположение стояков системы отопления и радиаторов, определено количество секций радиаторов, наличие замыкающих участков и запорной арматуры, закрытие декоративными панелями отопительных приборов.

Было выявлено, что собственники квартир в процессе эксплуатации внесли изменения в тепловую схему системы отопления. Так, по ИТП №3 (подъезд №1) из 96 запроектированных чугунных радиаторов МС-140М: было демонтиро-

Можно сделать вывод о том, что коэффициент смешения отличается от расчётного для всех ИТП. Для устранения несоответствия необходимо произвести ревизию элеватора: проверить качество обработки камеры смешения и соосность корпуса элеватора с соплом, внутреннюю конусность сопла элеватора, уточнить расстояние от конца сопла до входа в камеру

вано 17 шт.; заменены на биметаллические (сталь + алюминий) радиаторы типа Ogit РБС-500 — 18 шт.; закрыты декоративными панелями — 14 шт.; зашлакованы — 2 шт. Всё вышеперечисленное привело к неравномерному распределению теплоносителя и снижению теплоотдачи отопительных приборов в помещениях.

Для удобства дальнейшей работы приведём все радиаторы к проектному типу МС-140М и нормальному состоянию. Число секций приведённого радиатора $N_{\text{пр}}$ определим следующим образом:

$$N_{\text{пр}} = N_{\text{ф}} K_{\text{пр}} K_{\text{у}} K_{\text{ш}},$$

здесь $N_{\text{ф}}$ — количество секций фактического радиатора, шт.; $K_{\text{пр}}$ — коэффициент приведённой мощности, который определяется как $K_{\text{пр}} = q_{\text{ф}}/q_{\text{пр}}$, где $q_{\text{ф}}$ — фактическая мощность одной секции радиатора, Вт; $q_{\text{пр}}$ — мощность одной секции радиатора МС-140М ($q_{\text{пр}} = 160$ Вт или 0,0001376 Гкал/ч), для биметаллического радиатора Ogit РБС-500 мощностью 190 Вт коэффициент приведённой мощности равен 1,1875; $K_{\text{у}}$ — коэффициент установки радиатора, который учитывает расположение отопительного прибора, наличие декоративных панелей и отверстий в панелях [5], при этом наблюдается снижение мощности нагревательного прибора, максимальное значение коэффициента $K_{\text{у}} = 1,12$ –1,2; $K_{\text{ш}}$ — коэффициент зашлакованности отопительного прибора, определяемый как:

$$K_{\text{ш}} = 1 - N_{\text{ш}}/N,$$

где N — общее количество секций; $N_{\text{ш}}$ — количество зашлакованных секций.

Инструментальное обследование

Инструментальное тепловизионное обследование существующей системы отопления проводилось одновременно с визуальным обследованием с целью фиксации поля температур, выявления дефектов в работе оборудования.

Измерение температуры поверхности конструктивных элементов системы отопления осуществлялось:

- в верхних коллекторах-«лежаках» (за контрольные точки принимались места присоединения стояков к коллектору);
- в нижних коллекторах-«лежаках» (температура специально не измерялась, а принималась равной температуре на выходе из радиаторов первого этажа);
- на последовательно включённых радиаторах (за контрольные точки принимались на входном и выходном патрубке радиатора — рис. 26);
- на радиаторах, включённых параллельно стояку, на входном и выходном патрубках, а также участке стояка ниже точки присоединения выходного патрубка радиатора;
- температура внутреннего воздуха в помещениях определялась по контрольной точке на поверхности предмета, находящегося в помещении на расстоянии более 1 м от наружной стены и пола, в течение длительного времени.

Измерения проводились в сухих отапливаемых помещениях с помощью инфракрасного тепловизора Testo 882, имеющего допустимую погрешность $\pm 2^\circ\text{C}$ в диапазоне температур от -20 до $+100^\circ\text{C}$.

Анализ результатов обследования системы отопления подтвердил неравномерное распределение теплоносителя и снижение теплоотдачи отопительных приборов, размещённых в помещениях. Сводный поэтажный анализ результатов измерений температуры в радиаторах будет представлен ниже.

Обследование системы отопления здания проводилось с 20 марта по 5 апреля, поэтому для приведения измеренных значений температуры к сопоставимым результатам использовались коэффициенты приведения для подающего и обратного трубопроводов:

$$k_{1\text{от}} = T_{1\text{от.макс}}/T_{1\text{от.}i} \text{ и } k_{2\text{от}} = T_{2\text{от.макс}}/T_{2\text{от.}i},$$

где $T_{1\text{от.макс}}$ и $T_{2\text{от.макс}}$ — максимальное значение среднесуточной температуры в подающем трубопроводе и соответствующее ему аналогичное значение в обратном на интервале наблюдения; $T_{1\text{от.}i}$ и $T_{2\text{от.}i}$ — среднесуточные температуры в подающем и обратном трубопроводах в i -е сутки на интервале наблюдения.

●● Результаты расчёта относительных и фактических расходов воды в системах

табл. 2

№ ИТП	Расчётные температуры по графику отпуска при $t_{\text{нв}} = 3^\circ\text{C}$			Относительный расход воды y	Расчётный расход воды $G_{\text{р}}$ при графике 135/70°C, т/ч	Расход воды по термограмме $G_{\text{т}}$ при графике 95/70°C, т/ч
	$T_{1\text{гр}}$	$T_{2\text{гр}}$	$T_{3\text{гр}}$			
1	59,8	39,5	47,3	2,126	5,323	11,317
2	59,8	39,5	47,3	1,305	3,385	4,417
3	59,8	39,5	47,3	1,373	3,385	4,65
4	59,8	39,5	47,3	2,833	1,492	4,227



Рис. 3. Схема разводки системы отопления первого этажа

Значения коэффициентов приведения на интервале наблюдения представлены в табл. 3. По результатам обследования были составлены схемы разводки по этажам (рис. 3), аксонометрическая схема разводки поэтажной системы отопления подъезда и система нумерации стояков в ИТП. При обследовании верхних левого и правого коллекторов («лежаков») определялись последовательность подключения стояков от подъёмного стояка и температура в точке присоединения.

Для каждого стояка составляется «Ведомость обследования и результатов измерений температуры в контрольных точках», например, для ИТП №3 стояк №1 (ст. 3-1) эта «Ведомость...» включала:

- этаж (начиная с восьмого), номер квартиры;
- количество секций, тип радиатора (чугунный или биметаллический);
- температуры по результатам измерений (T_1 — на входе радиатора, T_2 — на выходе радиатора, $T_{\text{в}}$ — в помещении);

- количество секций приведённого (чугунного) радиатора;
- расчётные приведённые температуры ($T_{1\text{п}} = k_{1\text{от}} T_1$ — на входе радиатора, $T_{2\text{п}} = k_{2\text{от}} T_2$ — на выходе радиатора, перепад $\Delta T_{\text{п}} = T_{1\text{п}} - T_{2\text{п}}$);
- перепад $\Delta T = T_{\text{в}} - T_{\text{нв}}$;
- схема подключения радиатора (последовательная или параллельная);
- жалобы на работу системы отопления и примечания.

Для каждого стояка составляется «Ведомость обследования и результатов измерений температуры в контрольных точках», включающая актуальную информацию о системе отопления: этаж, номер квартиры, тип радиатора и количество секций, температуры по результатам измерений, расчётные приведённые температуры и т.п.

Значения коэффициентов приведения

табл. 3

Дата	$T_{\text{нв}}$	$T_{1\text{от}}$	$T_{2\text{от}}$	Коэффициенты приведения	
				$k_{1\text{от}}$	$k_{2\text{от}}$
20 марта	−6	61,3	48,8	1,000	1,000
22 марта	−5	59,8	47,8	1,025	1,021
27 марта	3	55,3	46,1	1,108	1,059
03 апреля	4	55,6	46,6	1,103	1,047
05 апреля	3	55,3	46,1	1,108	1,059

Заключение

В процессе разработки методики оценки фактического состояния системы отопления в плане подготовительных мероприятий по капитальному ремонту многоквартирного жилого здания рассмотрены основные этапы работ: подготовка и проведение визуального и инструментального обследования жилого здания; восстановление утраченной и составление фактической монтажной документации системы отопления подъездов №1–7; подготовка форм материалов для анализа результатов обследования и разработки рекомендаций по наладке системы отопления жилого здания. Характерной особенностью методики является применение наиболее технологичного метода получения информации о состоянии отопительной систем и оборудования, то есть проведение бесконтактной тепловизионной съёмки поверхности.

Предложенный подход позволяет сделать заключение о качестве эксплуатации системы отопления зданий управляющими компаниями и собственниками квартир, выявить проблемы и разработать мероприятия по их устранению. ●

1. Практика применения теплового неразрушающего контроля при энергетических обследованиях многоквартирных жилых домов: учеб.-метод. пособие / Е.П. Комов, О.В. Лебедев, В.С. Поздняк [и др.]. — Магнитогорск: ООО «Ведь», 2014. 40 с.
2. ГОСТ Р 54852–2021. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций / Дата введ.: 01.01.2022.
3. РД 153–34.0–20.363–99. Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ / Дата введ.: 01.06.2000.
4. Сапрыкин И.М. О наладке и режимах систем отопления // Новости теплоснабжения, 2008. №1. С. 20–26.
5. Гольцов А.Б. Наладка и регулировка систем водяного отопления // Журнал СОК, 2018. №8. С. 46–52.
6. ГОСТ Р 59501–2021. Инженерные сети зданий и сооружений внутреннего. Монтаж и пусковая наладка систем отопления. Правила и контроль выполнения работ / Дата введ.: 01.06.2021.
7. Игонин В.И., Карпов Д.Ф., Павлов М.В. [и др.] Некоторые особенности проведения комплексного тепловизионного обследования производственных установок и строительного объекта // Энергоаудит, 2011. №1. С. 24–28.
8. Тюлюканов В.Д. Тепловизионная диагностика как универсальный способ контроля состояния объектов // Новости теплоснабжения, 2010. №3. С. 35–40.
9. Об утверждении Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок: Приказ Министерства энергетики РФ от 24.03.2003 №115.
10. СП 131.13330.2020. Строительная климатология. Актуал. ред. СНиП 23–01–99 / Дата введ.: 25.06.2021.
11. Немченко В.И., Посашков М.В. Методика анализа качества функционирования системы отопления многоквартирного жилого дома / Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии: Сб. статей; под ред. М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, А.К. Стрелкова. — Самара: СамГТУ, 2022. С. 694–700.
12. Манюк В.И., Каплинский Я.И., Хижа Э.Б. [и др.] Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: справочник. — М.: Стройиздат, 1988. 432 с.
13. СП 54.13330.2022. Здания жилые многоквартирные. Актуал. ред. СНиП 31–01–2003 / Дата введ.: 14.06.2022.

References — see page 78.

Inspection of the centralized heating system of apartment buildings using a thermal imager. Pp. 60–64.

Vladimir I. Nemchenko, PhD, Associate Professor; **Maxim Yu. Derevyanov**, PhD, Associate Professor, Department of Management and System Analysis of Thermal Power and Sociotechnical Complexes, Samara State Technical University (SamSTU, Samara city); **Mikhail V. Posashkov**, PhD, Associate Professor, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Academy of Construction and Architecture (ACA) SamSTU

1. E.P. Komov, O.V. Lebedev, V.S. Pozdnyak et al. *Praktika primeneniya teplovogo nerazrushajushogo kontrolja pri jenergeticheskikh obsledovanijakh mnogokvartirnykh zhilykh domov: ucheb.-metodich. posobie* [Practice of using thermal non-destructive testing during energy inspections of multi-apartment residential buildings: An educational and methodological manual]. Magnitogorsk. OOO "Veld" ["Veld" LLC]. 2014. 40 p. [In Russian]
2. GOST R 54852–2021 [State Industry Standard of Russia No. 54852–2021]. *Zdaniya i sooruzheniya. Metod teplovizionnogo kontrolja kachestva teploizoljatsii ograzhdajushikh konstruksij* [Buildings and constructions. Method of thermal imaging quality control of thermal insulation of enclosing structures]. Date of impl.: January 1, 2022. [In Russian]
3. RD 153-34.0-20.363–99 [Guiding of the Industry No. 153-34.0-20.363–99]. *Osnovnye polozenija metodiki infrakrasnoj diagnostiki jelektrooborudovanija i VL* [Basic provisions of the methodology for infrared diagnostics of electrical equipment and overhead lines]. Date of impl.: June 1, 2000. [In Russian]
4. I.M. Saprykin. *O naladke i rezhimakh sistem otoplenija* [About the adjustment and modes of heating systems]. *Novosti teplosnabzhenija* ["Heat Supply News" Magazine]. 2008. No. 1. Pp. 20–26. [In Russian]
5. A.B. Goltsov. *Naladka i regulirovka sistem vodjanogo otoplenija* [Adjustment and adjustment of water heating systems]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, konditsionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2018. No. 8. Pp. 46–52. [In Russian]
6. GOST R 59501–2021 [State Industry Standard of Russia No. 59501–2021]. *Inzhenernye seti zdaniy i sooruzhenij vnutrennie. Montazh i puskovaja naladka sistem otoplenija. Pravila i kontrol' vypolnenija rabot* [Internal engineering networks of buildings and structures. Installation and commissioning of heating systems. Rules and control of work execution]. Date of impl.: June 1, 2021. [In Russian]
7. V.I. Ignin, D.F. Karpov, M.V. Pavlov et al. *Nekotorye osobennosti provedenija kompleksnogo teplovizionnogo obsledovanija proizvodstvennykh ustanovok i stroitel'nogo ob#ekta* [Some features of conducting a comprehensive thermal imaging inspection of production plants and construction sites]. *Jenergoaudit* ["Energy audit" Magazine]. 2011. No. 1. Pp. 24–28. [In Russian]
8. V.D. Tjuljukanov. *Teplovizionnaja diagnostika kak universal'nyj sposob kontrolja sostojanija razlichnykh ob#ektov* [Thermal imaging diagnostics as a universal way to monitor the condition of various objects]. *Novosti teplosnabzhenija* ["Heat Supply News" Magazine]. 2010. No. 3. Pp. 35–40. [In Russian]
9. *Ob utverzhenii Pravil tekhnicheskoi jekspluatatsii teplovyykh jenergoustanovok* [On approval of the Rules for the technical operation of thermal power plants]. *Prikaz Ministerstva jenergetiki RF ot 24.03.2003 №115* [Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation No. 115 of Mart 24, 2003]. [In Russian]
10. SP 131.13330.2020 [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 131.13330.2020]. *Stroitel'naja klimatologija* [Construction climatology]. *Aktualiz. red. SNIIP 23-01–99 (s Izm. №1, 2)* [Updated version of Building Rules & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 23-01–99 (with Amendments No. 1, 2)]. Date of impl.: June 25, 2021. [In Russian]
11. V.I. Nemchenko, M.V. Posashkov. *Metodika analiza kachestva funkcionirovanija sistemy otoplenija mnogokvartirnogo zhilogo doma* [Methodology for analyzing the quality of functioning of the heating system of an apartment building]. *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'stvo i stroitel'nye tekhnologii: Sb. statej* [Traditions and innovations in construction and architecture. Construction and construction technologies: Coll. vol.]. Edited by M.V. Shuvalov, A.A. Pishchulev, A.K. Strelkov. Samara. SamGTU [Samara State Technical University]. 2022. Pp. 694–700. [In Russian]
12. V.I. Manyuk, Ya.I. Kaplinsky, E.B. Khizh et al. *Naladka i jekspluatatsija vodjanykh teplovyykh setej: spravochnik* [Setup and operation of water heating networks: A handbook]. Moscow. *Stroizdat* [Publishing House of Literature on the Construction and Architecture ("Stroiizdat" Publishers)]. 1988. 432 p. [In Russian]
13. SP 54.13330.2022 [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 54.13330.2022]. *Zdaniya zhilye mnogokvartirnye* [Residential multi-apartment buildings. Updated version of Building Rules & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 31-01–2003. Date of impl.: June 14, 2022. [In Russian]