

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ С ИНФРАКРАСНЫМИ ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ

В.В. БУХМИРОВ, д-р техн. наук, Ю.С. СОЛНЫШКОВА, асп., М.В. ПРОРОКОВА, инж.

Изложены результаты экспериментального исследования системы отопления с газовыми инфракрасными излучателями, установленными в цехе промышленного предприятия.

*Ключевые слова:* инфракрасное отопление, газовые излучатели, экспериментальное исследование.

## EXPERIMENTAL RESEARCH OF HEATING SYSTEM WITH INFRARED EMITTERS

V.V. BUKHMIROV, Doctor of Engineering, Yu.S. SOLNYSHKOVA, Post Graduate Student, M.V. PROROKOVA, Engineer

The results of experimental research of the heating system with gas infrared emitters installed in the workshop of an industrial enterprise are given.

*Keywords:* infrared heating, gas emitters, experimental research.

Цель экспериментального исследования системы инфракрасного отопления промышленного цеха – определение температурных полей и тепловых потоков в помещениях цеха.

В качестве объекта исследования был выбран цех станции технического обслуживания автомобилей машиностроительного предприятия. Цех представляет собой помещение площадью 1410,98 м<sup>2</sup> с отапливаемым объемом 1162,66 м<sup>3</sup>. План цеха приведен на рис. 1, 2.

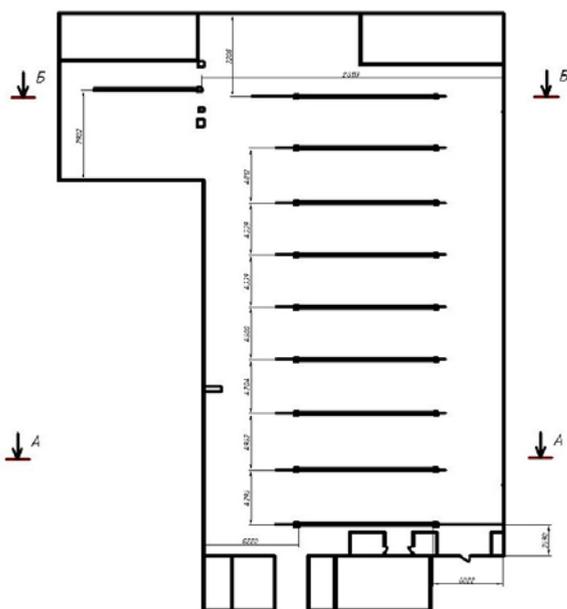


Рис. 1. План цеха по ремонту автомобилей (вид сверху)

В помещении цеха проводится техническое обслуживание и ремонт легковых и грузовых автомобилей, т. е. выполняется работа категории средней тяжести IIa в соответствии с ГОСТ 12.1.005 – 88 [1].

В соответствии с ГОСТ 12.1.005 – 88 [1]:

- оптимальная температура воздуха в ремонтном цехе – 18–20°C;
- интервал значений оптимальной относительной влажности воздуха – 40–60%;
- оптимальная подвижность воздуха – менее 0,2 м/с;
- допустимая температура на постоянных рабочих местах ремонтного цеха – 17–23°C;
- допустимая относительная влажность не должна превышать 75%;
- предельное значение подвижности воздуха – 0,3 м/с.

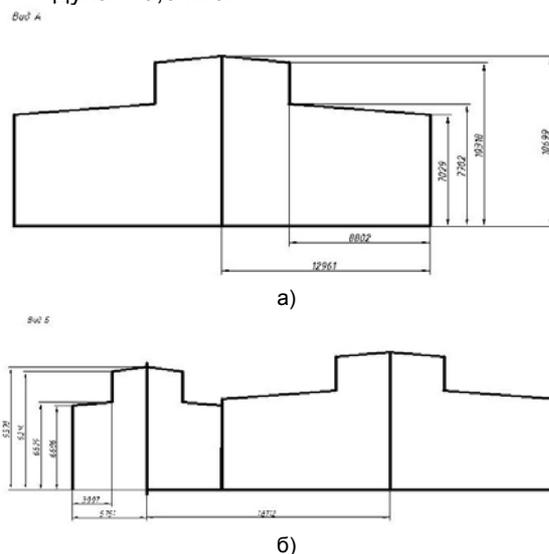


Рис. 2. План цеха по ремонту автомобилей: а – вид А; б – вид Б

Кроме этого, для системы отопления с инфракрасными излучателями следует вводить ограничение на максимальную интенсивность теплового облучения согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [2]. При наличии теплового облучения работающих температура

воздуха на рабочих местах не должна превышать 22°C при категории работ средней тяжести IIa. Интенсивность теплового облучения должна быть:

- не более 35 Вт/м<sup>2</sup> при интенсивности теплового облучения 50 % поверхности тела и более;

- не более 70 Вт/м<sup>2</sup> при интенсивности теплового облучения от 25 % до 50 % поверхности тела;

- не более 100 Вт/м<sup>2</sup> при интенсивности теплового облучения не более 25 % поверхности тела.

В помещении установлено десять газовых инфракрасных излучателей марки PAN-RAD LINE итальянской фирмы FRACCARO: девять однотрубных излучателей модели FRLA3 S2 и один двухтрубный излучатель модели FRLB4 S2. Расположение излучателей в помещении цеха показано на рис. 1, основные технические характеристики излучателей сведены в табл. 1. Высота подвеса излучателей равна 6 м.

Инфракрасный газовый излучатель (рис. 3) состоит из блока-горелки, однотрубной нагревательной панели и вытяжного устройства. Продукты сгорания, образующиеся в горелке, под действием тяги, создаваемой вентилятором, находящимся в блоке вытяжного устройства, движутся через нагревательный трубный излучатель.

Газ к излучателям подводится по газопроводу Ø76×3,5 мм, продукты сгорания отводятся в атмосферу за пределы помещения цеха.

В процессе движения дымовые газы нагревают трубы излучателей до температур

порядка 400°C. Над верхней поверхностью труб нагревателя расположен алюминиевый отражатель для создания направленного теплового потока. Для крепления излучателей на требуемой высоте используются металлические цепи.

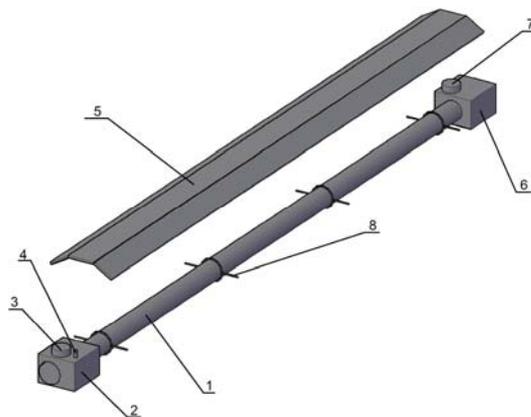


Рис. 3. Конструкция однотрубной нагревательной панели: 1 – трубный излучатель; 2 – блок-горелка; 3 – патрубок воздуховода; 4 – патрубок газопровода; 5 – алюминиевый отражатель; 6 – блок вытяжного устройства; 7 – патрубок дымохода; 8 – кронштейн для крепления излучателя и отражателя

Излучатели модели FRLA3 S2 собираются по две секции длиной 5,84 м каждая (общая длина излучателя с горелкой, вытяжным устройством и прокладками составляет 12,46 м). Излучатели модели FRLB4 S2 собираются по шесть секций длиной 2,92 м каждая (общая длина излучателя с горелкой, вытяжным устройством и прокладками составляет 18,3 м).

Таблица 1. Характеристики инфракрасных излучателей марки PANRAD моделей FRLA3 S2 и FRLB4 S2

Характеристика излучателя	Единица измерения	Модель излучателя	
		FRLA3 S2	FRLB4 S2
Мощность излучателя (минимальная/максимальная)	кВт	20/30	30/40
Расход топлива G20 (минимальный/максимальный)	м <sup>3</sup> /ч	1,9/2,85	2,85/3,81
Расход топлива G25 (минимальный/максимальный)	м <sup>3</sup> /ч	2,21/3,24	3,24/4,43
Расход топлива G30 (минимальный/максимальный)	кг/ч	1,45/2,18	2,18/2,91
Расход топлива G35 (минимальный/максимальный)	кг/ч	1,42/2,14	2,14/2,85
Расход приточного воздуха	м <sup>3</sup> /ч	60	80
Тип горелки		атмосферная	атмосферная
Тип излучателя		газовый однотрубный	газовый двухтрубный
Диаметр трубного излучателя	мм	89	89
Диаметр дымохода	мм	80	80
Диаметр приточного воздуховода	мм	80	80
Длина трубного излучателя в однотрубном исчислении	мм	11680	18720
Вес отопительного прибора в сборке	кг	108	147

Экспериментальное исследование микроклимата цеха, отапливаемого инфракрасными излучателями, проводилось в соответствии с методикой измерений, приведенной в ГОСТ 12.1.005-88 [2], в марте 2011 года, при температуре наружного воздуха от 0 до +3°C. Измерения температуры, влажности, подвижности воздуха и плотности теплового потока проводились в 71-й позиции (рис. 4), в которых рассматривалось пять точек по высоте: на полу и на расстояниях 0,1, 1, 1,7 и 3,91 м от поверхности пола.

Для установления стационарного режима чувствительного элемента измерительного прибора время замера было равно 5 мин в каждой точке. Характеристика измерительных приборов, использованных в эксперименте, приведена в табл. 2.

Прибором МЭС–200А была измерена температура воздуха внутри помещения, а также влажность и подвижность воздуха во всех позициях, указанных на рис. 4. Кроме этого, были измерены атмосферное давление и температура наружного воздуха.

Прибором ИТП–МГ4.03 «ПОТОК» были измерены плотность теплового потока и температуры в 355-ти точках, указанных на рис. 4.

Некоторые результаты эксперимента представлены в табл. 3, 4 и на рис. 5–12.

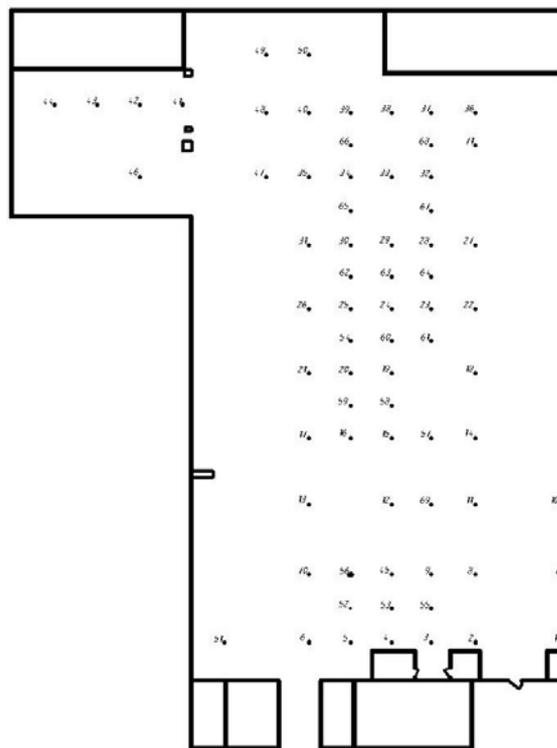


Рис. 4. Позиции измерения параметров микроклимата цеха (1–71 – номера позиций)

Таблица 2. Характеристики измерительных приборов

Характеристика измерительного прибора	МЭС–200А	ИТП–МГ4.03 «ПОТОК»
Измеряемые параметры	Атмосферное давление, Па Температура воздуха, °С Относительная влажность воздуха, % Скорость воздушного потока, м/с	Температура, °С Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>
Диапазон измерения	80–110 кПа (600–825 мм рт. ст.) –40÷+85°C 0–98% 0,1–20 м/с	–30–100°C 10–999 Вт/м <sup>2</sup>
Абсолютная погрешность измерения	±0,3 кПа (2,3 мм рт. ст.) при температуре 0÷+60°C ±1 кПа (7,6 мм рт. ст.) при температуре –20÷0°C ±0,2°C в диапазоне –10÷+50°C ±0,5°C в диапазоне –40÷–10°C и +50÷+85°C ±3% при температуре (25±5)°C ±(0,05+0,05V) м/с в диапазоне 0,1–0,5 м/с ±(0,1+0,05V) м/с в диапазоне 0,5–2 м/с ±(0,5+0,05V) м/с в диапазоне 2–20 м/с	±2°C ±0,05°C – для каналов при отклонении температуры от 20°C
Относительная погрешность измерения, %	–	±6 – для измерения плотности теплового потока ±0,5 – для измерения плотности теплового потока при отклонении температуры от 20°C

Таблица 3. Температура и плотность теплового потока (позиции под двухтрубным излучателем)

№ позиции	Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>					Температура, °С			
	на высоте от уровня пола, м								
	0	0,1	1	1,7	3,91	0	0,1	1,1	1,7
48	3,6	3,1	7,2	1,4	1,2	19,5	18,1	19,1	18,6
40	16	3,4	7,2	5,1	16,2	19,8	18,1	19,5	18,6
39	21,4	28,3	19,6	51,9	163,9	20	18,8	20,2	20,9
38	30	18,2	3,9	37,1	91,4	19,5	18,8	21	21,7
37	3,6	3,1	7,2	1,4	1,2	19,5	18,1	19,1	18,6
36	16	3,4	7,2	5,1	16,2	19,8	18,1	19,5	18,6

Таблица 4. Температура и плотность теплового потока (позиции под рядами излучателей вдоль помещения)

№ позиции	Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup> на высоте от уровня пола, м					Температура, °С			
	0	0,1	1	1,7	3,91	0	0,1	1,1	1,7
50	3,6	0,6	4,1	1,6	8,3	19,4	18,4	20,1	19,1
4	1,2	4,9	5,2	2,9	2,2	20,2	18,9	22,4	20,1
35	17,8	5,9	3,3	1,4	5	21,8	18,9	20,1	19,7
31	11	7,1	4,4	1,4	2,8	21	19	21,2	20,1
20	5,6	7,1	1,7	0,5	11,2	18	17,5	18,9	18,8
21	10,7	5,2	1,7	1,1	7,1	19	18,2	19,3	18,9
17	5,1	4,9	0,6	2,7	9,9	20	18,6	20,9	19,2
13	11,9	8	4,7	3,6	1,5	21,2	18,6	19,7	19,1
70	20,8	16	3	3,9	3,1	20,8	17,8	18,4	18,5
6	8	10,8	3,6	4,3	15,5	20,3	19,3	20,7	20,3

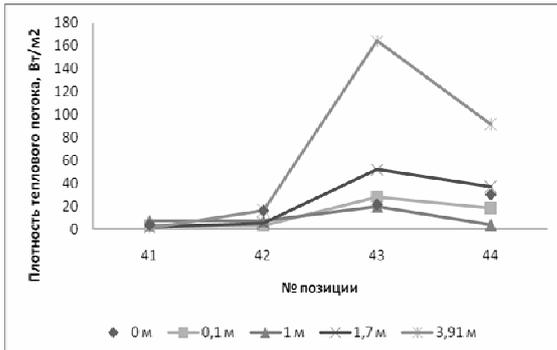


Рис. 5. Плотность теплового потока под двухтрубным излучателем в различных точках измерения (на различных высотах)

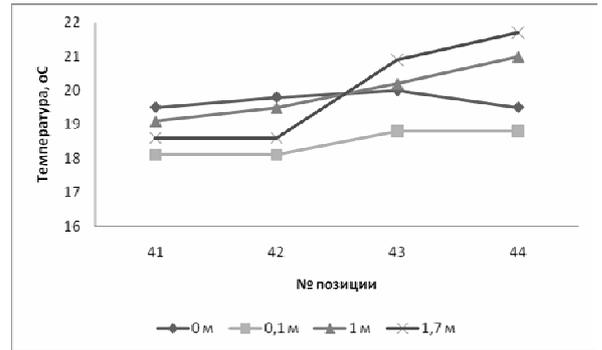


Рис. 6. Температура под двухтрубным излучателем в различных точках измерения (на различных высотах)

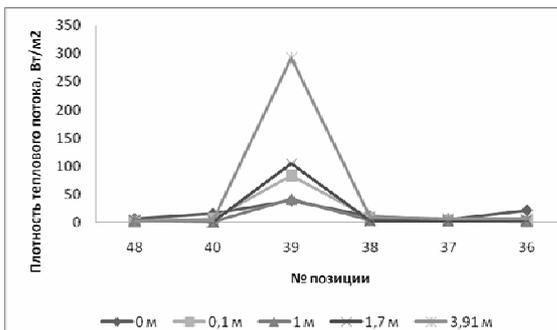


Рис. 7. Плотность теплового потока под однотрубным излучателем №9 (расположен поперек помещения) в различных точках измерения (на различных высотах)

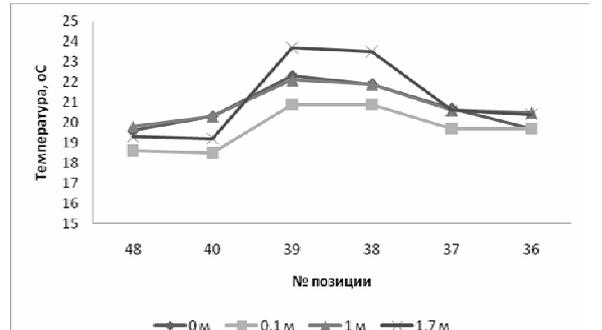


Рис. 8. Температура под однотрубным излучателем №9 (расположен поперек помещения) в различных точках измерения (на различных высотах)

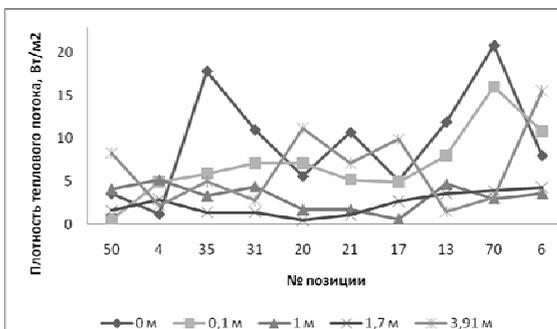


Рис. 9. Плотность теплового потока под рядом однотрубных излучателей №№1-9 (точки расположены вдоль помещения) в различных точках измерения

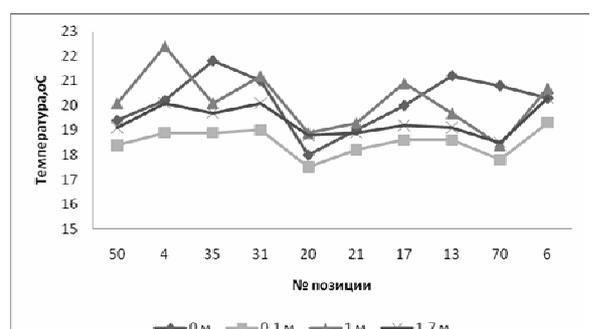


Рис. 10. Температура под рядом однотрубных излучателей №№1-9 (точки расположены вдоль помещения) в различных точках измерения (на различных высотах)

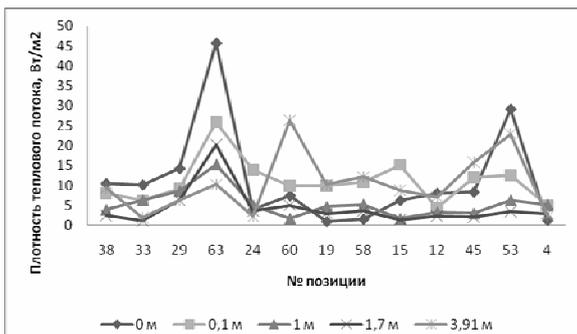


Рис. 11. Плотность теплового потока под рядом однотрубных излучателей №№1–9 (точки расположены вдоль помещения) в различных точках измерения (на различных высотах)

Анализ полученных данных (табл. 3, 4, рис. 5–12) показывает, что температуры воздуха в рабочей зоне цеха не соответствуют допустимым по СанПиН 2.2.4.548–96 [2]. Плотности тепловых потоков в ряде позиций (39, 63, 53) значительно превышают допустимые значения. Относительная влажность значительно отклонена от нижней границы допустимого значения по ГОСТ 12.1.005–88 [1]. Поэтому при проектировании системы лучистого отопления рекомендуется снизить требуемую температуру внутреннего воздуха на 2–3°C.

### Заключение

Выполнено экспериментальное исследование системы отопления с инфракрасными излучателями цеха по ремонту автомобилей машиностроительного предприятия.

Бухмиров Вячеслав Викторович,  
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой теоретических основ теплотехники,  
телефон (4932) 26-97-78,  
e-mail: [buhmirov@tot.ispu.ru](mailto:buhmirov@tot.ispu.ru)

Солнышкова Юлия Сергеевна,  
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
аспирантка кафедры теоретических основ теплотехники,  
телефон (4932) 26-97-76,  
e-mail: [yusoln@yandex.ru](mailto:yusoln@yandex.ru)

Савельева Мария Александровна,  
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
инженер  
e-mail: [yusoln@yandex.ru](mailto:yusoln@yandex.ru)

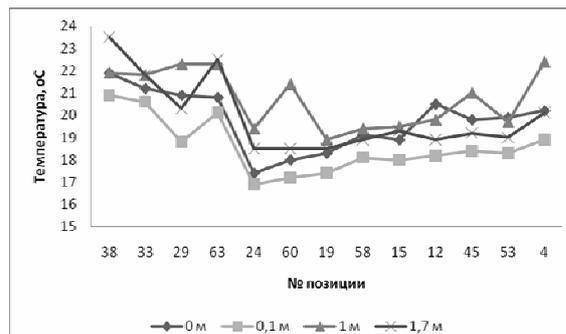


Рис. 12. Температура под рядом однотрубных излучателей №№1–9 (точки расположены вдоль помещения) в различных точках измерения (на различных высотах)

Выявлен незначительный перетоп (~10 ÷ 15 %) цеха, что свидетельствует о наличии потенциала энергосбережения.

Результаты эксперимента могут быть использованы для проверки адекватности математических моделей систем с инфракрасными излучателями.

### Список литературы

1. **ГОСТ 12.1.005–88.** Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М., 1989.
2. **СанПиН 2.2.4.548–96.** Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Госкомсанэпиднадзор РФ, 1996.
3. **Стандарт АВОК.** Системы отопления и обогрева с газовыми инфракрасными излучателями. – М.: НП «АВОК», РАМН, 2006.
4. **Рекламный** проспект компании FRACCARO.