



УДК 697.7

М. В. БОДРОВ, д-р техн. наук, зав. кафедрой отопления и вентиляции;
А. Е. РУИН, ассистент кафедры отопления и вентиляции; **А. А. СМЫКОВ**,
канд. техн. наук, доц. кафедры отопления и вентиляции

ИСПЫТАНИЕ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ СИСТЕМ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-54-85; факс: (831) 430-19-36; эл. почта: tes84@inbox.ru

Ключевые слова: водяное отопление, теплофизика, энергосбережение, энергоэффективность, лучистое отопление, инфракрасное излучение, излучающий профиль.

Приведены результаты исследований и испытаний излучающих профилей Flower 125 и Flower 225, применяемых в низкотемпературных системах лучистого отопления с промежуточным теплоносителем. Представлена уточненная методика определения фактической теплоотдачи одного погонного метра излучателя.

В настоящее время в связи с тенденцией повышения потребления энергетических ресурсов вопрос об энергосбережении в нашей стране становится более актуальным и своевременным [1]. Множество исследований в области теплоэнергетики предлагают различные способы снижения эксплуатационных издержек. Одними из самых эффективных мероприятий являются применение систем инфракрасного отопления, которые в свою очередь различаются по источнику теплоты: электрические, газовые и системы с промежуточным теплоносителем. Согласно нормативной литературы, например СП 60.13330.2020, снижение потребления тепловой энергии осуществляется за счет повышения средней радиационной температуры в обслуживаемом помещении, что позволяет снизить внутреннюю температуру воздуха до 4 °С по сравнению с расчетными значениями без снижения уровня теплового комфорта. Авторы отмечают, что до настоящего времени системы отопления нельзя считать достаточно изученными, а методики их проектирования – достаточно апробированными на практике.

Наиболее эффективными считаются инфракрасные излучатели на газовом топливе [2, 3]. В этом типе лучистого отопления отсутствует промежуточный теплоноситель (вода, водный раствор, пар), теплота передается за счет инфракрасного излучения напрямую от греющего элемента нагреваемого продуктами сгорания природного газа в отапливаемое помещение. Применение систем газового лучистого отопления ограничивается:

- пожароопасностью системы, т.к. температура поверхности греющего элемента (излучателя) составляет 800...1200 °С для «светлых» излучателей и 450 °С для «темных»;

- большой мощностью газовых излучателей, которые обладают высокой плотностью теплового потока, что может привести к нарушению второго условия комфортности [4];



- большими капитальными затратами по подключению газа к проектируемому объекту;
- несовершенством конструкции, т.к. «светлые» газовые излучатели выбрасывают продукты сгорания в объем помещения, что требует большей производительности системы вентиляции для обеспечения минимальных санитарно-гигиенических требований к воздуху рабочей зоны.

Система лучистого отопления, которая обладает меньшим количеством ограничений в применении, является система с промежуточным теплоносителем: вода, перегретая вода, водные растворы этилен- и пропиленгликоля и др. В качестве греющего элемента в системах водяного инфракрасного отопления применяются излучающие профили различной длины и геометрической формы поперечного сечения.

Исследование теплотехнических характеристик водяных инфракрасных излучателей проводились авторами в лаборатории лучистого отопления УНИЦ «СОНИИ», на базе ФГБОУ ВО ННГАСУ. Лаборатория оснащена рядом уникальных научных и контрольно-измерительных приборов, необходимых для изучения всех необходимых параметров (температуры внутреннего воздуха; температуры, давления и расхода теплоносителя; теплового потока инфракрасного излучателя; температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций) [5].

Исследуемые профили изготавливаются из анодированного сплава алюминия AlMgSi0.5, благодаря этому профили имеют высокое сопротивление коррозии, высокую прочность и способны выдерживать высокие температуры теплоносителя.

Общий вид излучающих профилей *Flower 125* и *Flower 225*, предоставленных промышленным партнером ННГАСУ ООО «Флайг+Хоммель», приведен авторами на рис. 1.

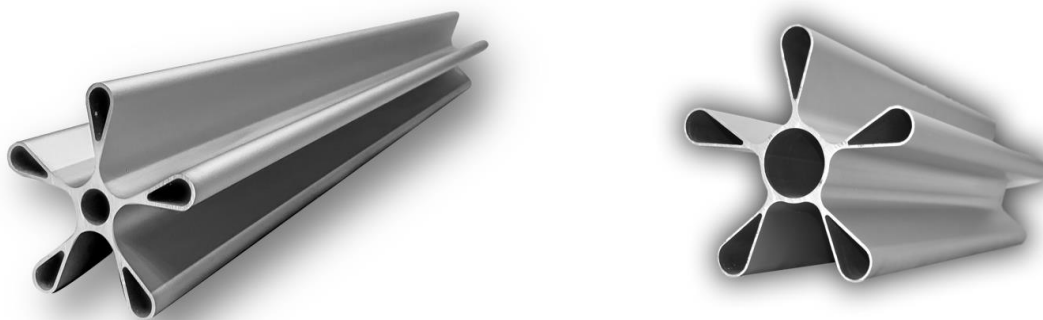


Рис. 1. Общий вид излучающих профилей *Flower 125* (слева) и *Flower 225* (справа)

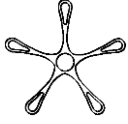
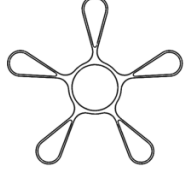
Основные физические и технические характеристики инфракрасных излучающих профилей *Flower 125* и *Flower 225* приведены в табл. 1.

Основной задачей проводимых авторами в 2022...2024 гг. исследований было получение данных о теплотехнических свойствах изучаемых профилей, в т.ч. определение фактической теплоотдачи 1 п.м инфракрасного излучателя при



отличных от нормальных условий температурного напора ΔT и массового расхода $M_{\text{изл}}$, используемых в дальнейшем при разработке инженерных методик проектирования энергоэффективных систем отопления объектов различного назначения.

Таблица 1
**Основные физические и технические характеристики излучающих профилей
Flower 125 и Flower 225**

| Характеристики | Ед. изм. | Марка излучателя | |
|--|---------------------|--|---|
| | | Flower 125 | Flower 225 |
| Профиль | - |  |  |
| Материал | - | AlMgSi0,5 | AlMgSi0,5 |
| Размеры | мм | 125x125 | 225x225 |
| Удельная площадь | м ² /п.м | 0,603 | 1,07 |
| Удельная ёмкость | л/п.м | 0,28 | 2,5 |
| Удельная масса профиля | кг/п.м | 3,6 | 8,6 |
| Удельная масса профиля с водой | кг/п.м | 3,98 | 11,1 |
| Подключение | дюйм | 1/2 | 2 |
| Максимальное рабочее давление (испытательное давление) | бар | 6,5 (10) | 6,5 (10) |
| Максимальная рабочая температура теплоносителя | °С | 150 | 150 |

В Российской Федерации водяные отопительные приборы проходят теплотехнические испытания согласно ГОСТ Р 53583-2009. Испытания направлены на определение теплового потока водяного инфракрасного излучателя в зависимости от температурного напора и массового расхода теплоносителя.

Для определения этой зависимости необходимо вычислить значения показателей n и m уравнения:

$$Q = Q_{\text{н.у.}} \cdot \left(\frac{\Delta T}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{M_{\text{изл}}}{360} \right)^m = Q_{\text{н.у.}} \cdot \Phi_1 \cdot \Phi_2, \quad (1)$$



где: $Q_{\text{нн}}$ – номинальный тепловой поток инфракрасного излучателя при нормальных условиях, Вт;

ΔT – фактический температурный напор, °С;

70 – номинальный температурный напор, °С;

$M_{\text{изл}}$ – фактический массовый расход теплоносителя через инфракрасный излучатель, кг/ч;

360 – номинальный массовый расход теплоносителя через инфракрасный излучатель, кг/ч;

φ_1 – безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий изменение теплового потока от температурного напора (табл. 2);

φ_2 – безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий изменение теплового потока от массового расхода (табл. 3).

В ходе математических преобразований были получены эмпирические показатели степени n и m при отличных значениях температурного напора и массового расхода от нормальных и приведены в табл. 4.

Таблица 2

Значение поправочного коэффициента φ_1

| ΔT , °С | Flower 125 | Flower 225 | ΔT , °С | Flower 125 | Flower 225 |
|-----------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|
| 40 | 0,504 | 0,501 | 66 | 0,930 | 0,930 |
| 42 | 0,535 | 0,532 | 68 | 0,965 | 0,965 |
| 44 | 0,566 | 0,564 | 70 | 1,000 | 1,000 |
| 46 | 0,598 | 0,595 | 72 | 1,035 | 1,035 |
| 48 | 0,630 | 0,628 | 74 | 1,070 | 1,071 |
| 50 | 0,662 | 0,660 | 76 | 1,106 | 1,107 |
| 52 | 0,695 | 0,693 | 78 | 1,142 | 1,143 |
| 54 | 0,728 | 0,726 | 80 | 1,178 | 1,179 |
| 56 | 0,761 | 0,759 | 82 | 1,214 | 1,216 |
| 58 | 0,794 | 0,793 | 84 | 1,250 | 1,253 |
| 60 | 0,828 | 0,827 | 86 | 1,287 | 1,289 |
| 62 | 0,862 | 0,861 | 88 | 1,324 | 1,327 |
| 64 | 0,896 | 0,895 | 90 | 1,361 | 1,364 |



Таблица 3

Значение поправочного коэффициента φ_2

| $M_{пр}$, кг/ч | Flower 125 | Flower 225 | $M_{пр}$, кг/ч | Flower 125 | Flower 225 |
|-----------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|
| 18 | 0,887 | 0,861 | 198 | 0,976 | 0,971 |
| 36 | 0,912 | 0,891 | 216 | 0,980 | 0,975 |
| 54 | 0,927 | 0,910 | 234 | 0,983 | 0,979 |
| 72 | 0,938 | 0,923 | 252 | 0,986 | 0,982 |
| 90 | 0,946 | 0,933 | 270 | 0,989 | 0,986 |
| 108 | 0,953 | 0,942 | 288 | 0,991 | 0,989 |
| 126 | 0,959 | 0,949 | 306 | 0,994 | 0,992 |
| 144 | 0,964 | 0,955 | 324 | 0,996 | 0,995 |
| 162 | 0,969 | 0,961 | 342 | 0,998 | 0,997 |
| 180 | 0,973 | 0,966 | 360 | 1,000 | 1,000 |

Таблица 4

Показания эмпирических степенных коэффициентов n и m

| Профиль | $Q_{ну}$, Вт/п.м. | n | m |
|------------|--------------------|-------|------|
| Flower 125 | 440 | 0,225 | 0,04 |
| Flower 225 | 582 | 0,235 | 0,05 |

В результате проведенных авторами исследований в лаборатории лучистого отопления УНИЦ «СОНИИ», были получены достоверные значения коэффициентов φ_1 , φ_2 , n и m , позволяющие определять фактическую теплоотдачу 1 п.м инфракрасного излучателя при отличных от нормальных условий температурного напора ΔT и массового расхода $M_{изл}$. Проведенные исследования позволяют с достаточной точностью проводить комплексы инженерных расчетов по созданию лучистых систем отопления с промежуточным теплоносителем.

В заключение авторы отмечают, что применение лучистых систем отопления с промежуточным теплоносителем имеет широкие перспективы применения на производственных объектах, особенно связанных с сельским хозяйством. Например, лучистый обогрев поверхностей помещений содержания крупного рогатого скота позволяет значительно повысить комфортность микроклимата в зоне кормления и отдыха животных, что заметно повышает экономические показатели рентабельности производства мясо-молочной продукции. Также радиационный подогрев подстилок и поверхностей тела животных снижает процент заболеваемости и падежа молодняка и сокращает сроки откорма бычков-производителей и мясного поголовья скота до расчетных показателей.

В дальнейшем, авторами будут проведены исследования возможности применения излучающих профилей *Flower 125* и *Flower 225* в качестве систем охлаждения воздуха в теплый период года, что позволит применять данные



устройства в системах обеспечения параметров микроклимата в круглогодичном цикле эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование теплотехнических характеристик водяных инфракрасных излучателей для энергоэффективных систем лучистого отопления / М. В. Бодров, Д. А. Кузнецов, А. А. Смыков, А. Е. Руин. – Текст : непосредственный // Академия. Архитектура и строительство. – 2023. – № 2. – С. 160–167.
2. Родин, А. К. Газовое лучистое отопление / А. К. Родин. – Ленинград : Недра, 1987. – 191 с. – Текст : непосредственный.
3. Брюханов, О. Н. Радиационный газовый нагрев / О. Н. Брюханов, Э. В. Крайний, Б. С. Мاستрюков. – Ленинград : Недра, 1989. – 296 с. – ISBN 5-247-00516-3.
4. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика / В. Н. Богословский. – Москва : Высшая школа, 1982. – 415 с. – Текст : непосредственный.
5. Смыков, А. А. Испытания лабораторной модели лучистой системы отопления на базе водяных инфракрасных излучателей / М. В. Бодров, А. А. Смыков. – Текст : непосредственный // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2023. – № 3. – С. 40-41.

BODROV Mikhail Valerevich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of heating and ventilation; RUIN Aleksey Evgenevich, assistant of the chair of heating and ventilation; SMYKOV Aleksandr Anatolevich, candidate of technical sciences, senior teacher of the chair of heating and ventilation

TESTING OF INFRARED RADIATORS OF RADIANT HEATING SYSTEMS WITH INTERMEDIATE HEAT CARRIER

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-54-92; fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: tes84@inbox.ru

Key words: water heating, thermophysics, energy saving, energy efficiency, radiant heating, infrared radiation, radiant profile.

The results of research and testing of the radiating profiles Flower 125 and Flower 225 used in low-temperature radiant heating systems with an intermediate coolant are presented. An updated methodology for determining the actual heat transfer of one linear meter of the radiator is presented.

REFERENCES

1. Bodrov M. V., Kuznetsov D. A., Smykov A. A., Ruin A. E. Issledovanie teploekhnicheskikh kharakteristik vodyanykh infrakrasnykh izluchateley dlya energoeffektivnykh sistem luchistogo otopleniya [Investigation of thermal engineering characteristics of water infrared radiators for energy-efficient radiant heating systems]. Akademiya. Arhitektura i stroitelstvo [Academy. Architecture and Construction]. 2023, № 2, P. 160-167.
2. Rodin A. K. Gazovoe luchistoe otoplenie [Gas radiant heating]. Leningrad, Nedra, 1987, 191 p.



3. Bryukhanov O. N., Krayniy E. V., Mastyukov B. S. Radiatsionny gazovy nagrev [Radiation gas heating]. Leningrad, Nedra, 1989, 296 p.

4. Bogoslovskiy V. N. Stroitel'naya teplofizika [Construction thermophysics]. Moscow, Vysshaya shkola, 1982, 415 p.

5. Smykov A. A., Bodrov M. V. Ispytaniya laboratornoy modeli luchistoy sistemy otopeniya na baze vodyanykh infrakrasnykh izluchateley [Tests of a laboratory model of a radiant heating system based on water infrared radiators]. Santekhnika, Otoplenie, Konditsionirovanie [Plumbing, Heating, Air conditioning]. 2023, № 3, P. 40-41.

© М. В. Бодров, А. Е. Руин, А. А. Смыков, 2025

Получено: 16.01.2025 г.