

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

ПАРАМОНОВА Оксана Николаевна

кандидат технических наук, доцент

ЕЛИСТРАТОВА Мария Петровна

студент

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

г. Ростов-на-Дону, Россия

В данной статье проводится анализ видов лучистого отопления в производственных помещениях, с целью выявления наиболее эффективного и экологичного способа обогрева. Рассматриваются такие типы отопительных систем как инфракрасные панели, газовые излучатели и водяные лучистые системы. В результате анализа авторы приходят к выводу, что наиболее эффективной и экологичной системой отопления являются водяные инфракрасные излучатели. Таким образом, статья подчеркивает значимость анализа всех возможных видов лучистого отопления для выбора оптимальной системы обогрева.

Ключевые слова: отопление, лучистое отопление, инфракрасные излучатели, микроклимат, параметры, теплота, производственное помещение.

Введение. Тепловое излучение является одним из способов распространения тепла. Оно представляет собой электромагнитное излучение в инфракрасном диапазоне. При этом тепло передается непосредственно от источника к объекту, не нагревая воздух. Это позволяет сохранить энергию и создать более комфортные условия.

Инфракрасные лучи легко проходят через воздух и достигают поверхностей, на которые они попадают. Молекулы этих поверхностей начинают колебаться, поглощая энергию лучей. Этот процесс продолжается до тех пор, пока колебания молекул не достигнут частоты инфракрасного излучения, после чего начинается отражение излучения. Человек воспринимает это как повышение температуры объекта [4].

Таким образом, лучистое отопление является эффективным и комфортным способом обогрева помещения. Оно позволяет создать равномерное распределение тепла и сэкономить энергию. Однако, такой вид отопления может быть более дорогостоящим в установке и использовании по сравнению с другими методами.

Как правило, наиболее востребованные системы лучистого отопления классифицируют следующим образом:

– инфракрасные панели;

– газовые излучатели;

– водяные лучистые системы.

Рассмотри перечисленные виды более детально.

Инфракрасные панели. Инфракрасное (ИК) отопление осуществляется при помощи инфракрасных излучателей. Излучатель генерирует, формирует в пространстве и направляет тепловое излучение в зону обогрева. Оно попадает на пол, стены, технологическое оборудование и людей, находящихся в зоне действия инфракрасного излучения, поглощается ими и нагревает их [1].

Преимуществами ИК-отопления являются:

1. Энергоэффективность. Независимо от размеров, области применения и конструктивных особенностей, системы инфракрасного обогрева потребляют очень мало электроэнергии. Для сравнения: бытовой тепловентилятор расходует примерно 2500 ватт в час, самая мощная настенная ИК-панель – 700 ватт в час.

2. Универсальность. ИК-обогреватели можно использовать «точечно», т. е. отапливать отдельную зону (например, рядом с рабочим местом). Или объединить несколько теплопанелей в единую систему и установить вместо парового отопления.

3. Высокая теплоотдача. Тепло ощущается сразу после включения, рабочая температура достигается за 20 минут, обогрев поме-

щения продолжается еще 1,5-2 часа после выключения.

4. Безопасность. Случайные возгорания, ожоги, удары током исключены. Нагревательный элемент надежно заизолирован специальным наполнителем и дополнительно защищен внешним корпусом.

5. Легкость монтажа. Котлы, трубы, трудоемкие работы попросту не нужны. Стационарные обогреватели крепятся с помощью кронштейнов и включаются в розетку.

При этом ИК-отопление обладают и недостатками такими, как:

1. Необходимость предварительного проектирования. Для эффективного обогрева дома, квартиры или офиса необходимо учитывать не только площадь и высоту потолков, но и степень теплоизоляции помещения;

2. Ошибки в расчете мощности. При завышенной мощности будет слишком жарко, при заниженной – слишком холодно.

3. Плановые и аварийные отключения света. Хотя инфракрасные радиаторы защищены от скачков напряжения, «погода в доме» зависит от централизованного электроснабжения.

Газовые излучатели. Газовые инфракрасные излучатели представляют собой систему, в которой тепло вырабатывается при сгорании газозооушной смеси в излучающих трубах. Система состоит из горелки, вентилятора, излучающих труб и рефлектора. Источником теплоты в системе является модулировано управляемая газовая горелка закрытого типа, устанавливаемая на конце излучающей трубы. Во время работы горелка дает пламя, которое распространяется по длине первого участка трубы, а вакуумный вентилятор создает тягу для продуктов горения, которые затем, пройдя по всей длине устройства, охлаждаются, при этом трубы испускают лучистое тепло. Поверхность труб нагревается в среднем от 350 до 750 °C и отдает свое тепло в помещение в основном посредством излучения. Над трубами крепится рефлектор из полированной стали, и вся конструкция подвешивается под крышей или на стене здания. Металлический рефлектор отражает инфракрасное излучение, направляя его вниз, в зоны пребывания людей. Трубы передают 55-75% теплоты излучением в рабочую зону помещения, обогревая людей, нагревая

пол и оборудование. Остальные 45-25% теплоты компенсируют теплопотери кровли и верхнего пояса стен, а остывшие продукты сгорания отводятся в атмосферу через систему дымоудаления. Возможны два варианта организации дымоудаления – общая система дымоудаления (от группы обогревателей при помощи отдельно расположенного группового вентилятора) и индивидуальная система дымоудаления (от одного или двух обогревателей при помощи вентиляторов, встроенных обогревателей). Доля отводимой в атмосферу с продуктами сгорания теплоты составляет 8-10% общего количества тепла, полученного при сгорании газа [5].

К основным преимуществам систем ГЛО можно отнести:

- отсутствие промежуточного теплоносителя, снижение издержек на его подготовку, перекачивание по трубопроводам, а также обслуживание и ремонт теплотрасс;

- возможность обогрева отдельных зон, в том числе расположенных на открытом воздухе;

- безинерционное выполнение функций дежурного отопления в ночное время, праздничные и выходные дни, при вынужденном простое;

- возможность снижения температуры воздуха в рабочей зоне при сохранении условий теплового комфорта.

Минусы ГЛО-отопления:

- необходимость его подключения к газовой сети. Это ограничивает возможности использования данного обогревателя в тех местах, где нет доступа к газу или отсутствует возможность подключения.

- может быть связано с потенциальными опасностями. В случае неправильной эксплуатации или установки оборудования может возникнуть риск утечки газа, что может привести к взрыву или отравлению людей.

- требует постоянного контроля и технического обслуживания. Регулярная проверка и чистка системы позволят предотвратить возможные поломки и снизить вероятность аварийных ситуаций.

Водяные лучистые системы. Системы лучистого отопления на основе воды используются уже более 70 лет. В последние годы

они стали еще более популярными, так как люди стали больше заботиться о комфорте и эффективности использования энергии. Водяные излучатели состоят из стальных труб, панелей, изоляции и монтажных элементов. Трубы, через которые проходит горячая вода, нагревают панель, а она, в свою очередь, передает тепло окружающим предметам и людям в виде инфракрасных лучей [2].

Источником горячей воды могут быть котлы на разном топливе, тепловые насосы или утилизаторы. Вода нагревается в генераторе и передается по трубам к панелям, которые установлены на потолке помещения. После того, как вода передала свое тепло панели, она возвращается обратно в генератор для повторного нагрева.

В качестве преимуществ водяных отопительных систем можно выделить следующие:

- обеспечивает равномерное распределение температуры;
- не создает потока воздуха;
- не требует затрат на техническое и сервисное обслуживание;
- может работать с возобновляемыми и отработанными источниками энергии;
- обладает высокой энергоэффективностью (эффективность излучения до 79%);
- нет необходимости использовать природный газ (можно использовать уголь, опилки, пеллеты/топливные гранулы и т. д.);
- окружающий воздух чистый, так как продукты сгорания не выделяются в окру-

жающий воздух.

Но имеются и недостатки такие, как *высокая стоимость в отличии от конвективного отопления*.

Проведенный сравнительный анализ данных показателей не формирует достаточную картину для осуществления выбора того или иного отопительного прибора, потому, обратившись к Матрице Леопольда [3], основная идея которой описывает ее как контрольный список, содержащий ценную информацию о взаимоотношениях типа «причина-следствие», и одновременно являющийся источником данных о результатах, нами предпринята попытка сравнить перечисленные виды отопительных приборов по критериям «Теплоотдача – эффективность отопления помещения той или иной систем отопления», «Безопасность – надежность в эксплуатации», «опасность в случае риска – уровень ущерба нанесенного системой в случае ее поломки».

При этом нами проведена модификация матрицы Леопольда с целью сокращения количества строк и столбцов до необходимого их значения.

Интенсивность воздействия нами предложено оценивать по 3-балльной шкале, где:

- 0 баллов – нет воздействия;
- 1 балл – слабое воздействие;
- 2 балла – среднее воздействие;
- 3 балла – сильное воздействие.

Сформированная таким образом нами Матрица Леопольда приведена в таблица 1.

Таблица 1

МАТРИЦА ЛЕОПОЛЬДА

Объект: Инфракрасное панели	Воздействие	Теплоотдача	Безопасность	Опасность в случае риска	Итог
Монтаж системы		2	3	1	6
Энергозатраты		2	1	1	4
Стоимость		1	2	0	3
Объект: Газовые излучатели					
Монтаж системы		2	3	3	8
Энергозатраты		1	2	2	5
Стоимость		2	3	3	8
Объект: Водяные лучистые излучатели					
Монтаж системы		2	2	2	6
Энергозатраты		1	1	1	3
Стоимость		1	1	1	3

Таким образом, нами произведено ранжирование каждой системы лучистого отопления по силе воздействия. Количество баллов указывает на силу негативного воздействия той или иной системы отопления. В таком случае, наиболее эффективной оказалась система водяных излучателей. Среднее воздей-

ствие оказывает система Инфракрасных панелей. И завершает рейтинг система газовых излучателей с наибольшей суммой баллов в данном сравнительном анализе. Проведенный сравнительный анализ позволяет выбрать обосновано систему отопления, опираясь на представленные в Матрице критерии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базыль И.М., Ключникова А.Ю. Инфракрасные обогреватели как передовой способ обогрева помещений. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/infrakrasnye-obogrevateli-kak-peredovoy-sposob-obogreva-pomescheniy> (дата обращения: 15.12.2023).
2. Бодров М.В., Кузнецов Д.А., Смыков А.А., Руин А.Е. Исследование теплотехнических характеристик водяных инфракрасных излучателей для энергоэффективных систем лучистого отопления. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-teplotekhnicheskikh-harakteristik-vodyanyh-infrakrasnyh-izluchateley-dlya-energoeffektivnyh-sistem-luchistogo-otopleniya> (дата обращения: 15.12.2023).
3. Васильев Д.Г., Челахов В.Ц., Домашенко Ю.Е., Васильев С.М. Оценка воздействия подготовленных дренажных и сбросных вод на окружающую среду матричным методом. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vozdeystviya-podgotovlennykh-drenaznykh-i-sbrosnykh-vod-na-okruzhayushchuyu-sredu-matrichnym-metodom> (дата обращения: 20.12.2023).
4. Мачкаши А., Банхиди Л. Лучистое отопление. – Москва: Стройиздат, 1985. – 464 с.
5. Шумилов Р.Н., Толстова Ю.И., Поммер А.А. Системы лучистого газового отопления // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2010. – № 11. – С. 54-57.

COMPARATIVE ANALYSIS OF RADIANT HEATING SYSTEMS FOR PRODUCTION FACILITIES

PARAMONOVA Oksana Nikolaevna

Associate Professor

ELISTRATOVA Maria Petrovna

Student

Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia

This article analyzes the types of radiant heating in industrial premises in order to identify the most effective and environmentally friendly heating method. Such types of heating systems as infrared panels, gas radiators and water radiant systems are considered. As a result of the analysis, the authors come to the conclusion that the most efficient and environmentally friendly heating system is water infrared emitters. Thus, the article emphasizes the importance of analyzing all possible types of radiant heating to select the optimal heating system.

Keywords: heating, radiant heating, infrared emitters, microclimate, parameters, heat, production premises.

Introduction. Thermal radiation is one of the ways heat spreads. It is electromagnetic radiation in the infrared range. In this case, heat is transferred directly from the source to the object without heating the air. This saves energy and creates more comfortable conditions.

Infrared rays travel easily through the air and reach the surfaces they hit. The molecules of these surfaces begin to vibrate, absorbing the energy of the rays. This process continues until the vibrations of the molecules reach the frequency of infrared radiation, after which the radiation begins to be reflected. A person perceives this as an increase in the temperature of the object [1].

Thus, radiant heating is an effective and comfortable way to heat a room. It allows you to create an even distribution of heat and save energy. However, this type of heating can be more expensive to install and use compared to other methods.

Typically, the most popular radiant heating systems are classified as follows:

- infrared panels;
- gas emitters;
- water radiant systems.

Consider the listed types in more detail.

Infrared panels. Infrared (IR) heating is carried out using infrared emitters. The emitter generates, shapes in space and directs thermal radiation into the heating zone. It falls on the floor, walls, technological equipment and peo-

ple located in the area of infrared radiation, is absorbed by them and heats them [2].

The advantages of IR heating are:

1. Energy efficiency. Regardless of size, application and design features, infrared heating systems consume very little electricity. For comparison: a household fan heater consumes approximately 2500 watts per hour, the most powerful wall-mounted IR panel consumes 700 watts per hour.

2. Versatility. IR heaters can be used «spot-wise», i. e. heat a separate area (for example, next to the workplace). Or combine several heating panels into a single system and install instead of steam heating.

3. High heat transfer. Heat is felt immediately after switching on, operating temperature is reached in 20 minutes, heating of the room continues for another 1.5-2 hours after switching off.

4. Safety. Accidental fires, burns, and electric shocks are excluded. The heating element is reliably insulated with a special filler and additionally protected by an external casing.

5. Ease of installation. Boilers, pipes, and labor-intensive work are simply not needed. Stationary heaters are mounted using brackets and plugged into an outlet.

At the same time, IR heating also has disadvantages such as:

1. Necessity of preliminary design. To effectively heat a house, apartment or office, it is necessary to take into account not only the area

and height of the ceilings, but also the degree of thermal insulation of the room.

2. Errors in power calculations. If the power is too high, it will be too hot; if the power is too low, it will be too cold.

3. Planned and emergency power outages. Although infrared radiators are protected from power surges, the «weather in the house» depends on the centralized power supply.

Gas emitters. Gas infrared emitters are a system in which heat is generated by combustion of a gas-air mixture in radiant pipes. The system consists of a burner, a fan, radiant pipes and a reflector. The heat source in the system is a modulated, controlled, closed-type gas burner installed at the end of the radiant pipe. During operation, the burner produces a flame that spreads along the length of the first section of the pipe, and the vacuum fan creates draft for the combustion products, which then, after passing along the entire length of the device, are cooled, while the pipes emit radiant heat. The surface of the pipes heats up on average from 350 to 750 °C and transfers its heat to the room mainly through radiation. A polished steel reflector is mounted above the pipes, and the entire structure is suspended under the roof or on the wall of the building. A metal reflector reflects infrared radiation, directing it down into areas where people are present. The pipes transmit 55 – 75% of the heat by radiation to the working area of the room, warming people, heating the floor and equipment. The remaining 45 – 25% of the heat compensates for the heat loss of the roof and the upper zone of the walls, and the cooled combustion products are discharged into the atmosphere through the smoke removal system. There are two options for organizing smoke removal – a general smoke removal system (from a group of heaters using a separately located group fan) and an individual smoke removal system (from one or two heaters using fans built-in heaters). The share of heat released into the atmosphere with combustion products is 8-10% of the total amount of heat obtained during gas combustion [3].

The main advantages of GLO systems include:

- lack of intermediate coolant, reduction in costs for its preparation, pumping through pipe-

lines, as well as maintenance and repair of heating mains;

- possibility of heating individual zones, including those located in the open air;

- inertia-free performance of standby heating functions at night, holidays and weekends, during forced downtime;

- possibility of reducing the air temperature in the working area while maintaining thermal comfort conditions.

Disadvantages of GLO heating:

- the need to connect it to the gas network. This limits the use of this heater in places where there is no access to gas or no connection.

- may involve potential hazards. If the equipment is not used or installed correctly, there may be a risk of gas leakage, which could result in an explosion or poisoning of persons.

- requires constant monitoring and maintenance. Regular checking and cleaning of the system will prevent possible breakdowns and reduce the likelihood of emergency situations.

Water radiant systems. Water-based radiant heating systems have been in use for over 70 years. They have become even more popular in recent years as people have become more concerned about comfort and energy efficiency. Water emitters consist of steel pipes, panels, insulation and mounting elements. The pipes through which hot water passes heat the panel, and it, in turn, transfers heat to surrounding objects and people in the form of infrared rays [4].

The source of hot water can be boilers using different fuels, heat pumps or heat exchangers. The water is heated in a generator and transmitted through pipes to panels that are installed on the ceiling of the room. After the water has transferred its heat to the panel, it is returned back to the generator to be reheated.

The advantages of water heating systems include the following:

- provides uniform temperature distribution;
- does not create air flow;

- does not require costs for technical and service maintenance;

- can work with renewable and waste energy sources;

- has high energy efficiency (radiation efficiency up to 79%);

- there is no need to use natural gas (you can

use coal, sawdust, pellets/fuel granules, etc.);

– the surrounding air is clean, since combustion products are not released into the surrounding air.

But there are also disadvantages such as *high cost in contrast to convective heating*.

The comparative analysis of these indicators does not form a sufficient picture for choosing a particular heating device, therefore, turning to the Leopold Matrix [5], the main idea of which describes it as a checklist containing valuable information about relationships of the «cause-effect» type, and simultaneously being a source of data on the results, we have made an attempt to compare the listed types of heating devices according to the criteria «Heat transfer – the ef

iciency of heating the room of a particular heating system», «Safety – reliability in operation», «danger in case of risk – the level of damage caused by the system in the event of its breakdown».

At the same time, we modified the Leopold matrix in order to reduce the number of rows and columns to their required value.

We propose to evaluate the intensity of impact on a 3-point scale, where:

- 0 points – no impact;
- 1 point – weak impact;
- 2 points – average impact;
- 3 points – strong impact.

The Leopold Matrix we formed in this way is shown in Table. 1.

Table 1

LEOPOLD MATRIX

Object: Infrared Panel	Impact	Heat dissipation	Safety	Danger in case of risk	Result
System installation		2	3	1	6
Energy costs		2	1	1	4
Price		1	2	0	3
Object: Gas emitters					
System installation		2	3	3	8
Energy costs		1	2	2	5
Price		2	3	3	8
Object: Water radiant emitters					
System installation		2	2	2	6
Energy costs		1	1	1	3
Price		1	1	1	3

Thus, we have ranked each radiant heating system according to the strength of its impact. The number of points indicates the strength of the negative impact of a particular heating system. In this case, the system of water emitters turned out to be the most effective. The infrared panel system

has an average impact. And the rating is completed by the system of gas emitters with the highest score in this comparative analysis.

The conducted comparative analysis allows you to choose a heating system based on the criteria presented in the Matrix.

REFERENCES

1. Bazyl I.M., Klyuchnikova A.Y. Infrared heaters as an advanced method of space heating. – URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/infrakrasnye-obogrevateli-kak-peredovoy-sposob-obogreva-pomescheniy> (date of reference: 15.12.2023).
2. Bodrov M.V., Kuznetsov D.A., Smykov A.A., Ruin A.E. Investigation of thermotechnical characteristics of water infrared radiators for energy-efficient systems of radiant heating. – URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-teplotekhnicheskikh-harakteristik-vodyanyh-infrakrasnyh-izluchateley-dlya-energoeffektivnyh-sistem-luchistogo-otopleniya> (date of reference: 15.12.2023).
3. Vasiliev D.G., Chelakhov V.C., Domashenko Y.E., Vasiliev S.M. Estimation of influence of under-prepared drainage and discharge waters on the environment by matrix method. – URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vozdeystviya-podgotovlennyh-drenazhnyh-i-sbrosnyh-vod-na-okruzhayushchuyu-sredu-matrichnym-metodom> (date of reference: 20.12.2023).
4. Machkashi A., Banhidi L. Radiant heating. – Moscow: Stroyizdat, 1985. - 464 c.
5. Shshumilov R.N., Tolstova Yu.I., Pommer A.A. Radiant gas heating systems // Plumbing, heating, conditioning. – 2010. – № 11. – P. 54-57.