

## Секция 5. Энергетика и энергосбережение

УДК 681.5

### ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОВЫХ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЦЕХОВ

О.Л. Ахремчик, И.Н. Честных

© Ахремчик О.Л., Честных И.Н., 2026

*Аннотация.* Рассмотрен состав газового инфракрасного излучателя для применения в системах отопления цехов. При использовании прогнозного управления предложено осуществлять коррекцию уставки на основе расчета теплофизических свойств газа в функциональном блоке. Вместо температуры в рабочей зоне использован субъективно оцениваемый человеком параметр «ощущаемая температура». Приведен алгоритм управления работой излучателя.

**Ключевые слова:** газовый инфракрасный излучатель, управление, уставка, свойства газа, температура.

Совершенствование отопительных систем крупнообъемных цехов предприятий направлено на переход от централизованного к автономному отоплению. В целях повышения энергоэффективности значительные силы тратятся на снижение теплотерь и улучшение систем управления отоплением [1]. В настоящее время возможен переход к новому технологическому укладу в системах отопления цехов, когда вместо батарейного отопления от гидравлической сети с горячим теплоносителем будет осуществляться лучистое отопление рабочих зон от нагретых факелом газовой горелки керамических плит. Реализация такого способа автономного отопления обеспечивается на основе газовых инфракрасных излучателей (ГИИ). В состав ГИИ входят дутьевой вентилятор подачи воздуха, клапан подачи газа, сопло, смесительная камера, блок розжига, горелка, керамическая плитка (рис. 1). Подаваемый через сопло газ смешивается с воздухом, воспламеняется от искры свечи блока розжига. Сигнал от реле перепада давления связан с расходом газа на отопление. Факел нагревает керамическую плитку, излучающую инфракрасные волны в рабочую зону, над которой установлен ГИИ. Применение излучателей приводит к переходу от конвективного к лучистому способу отопления производственной зоны.

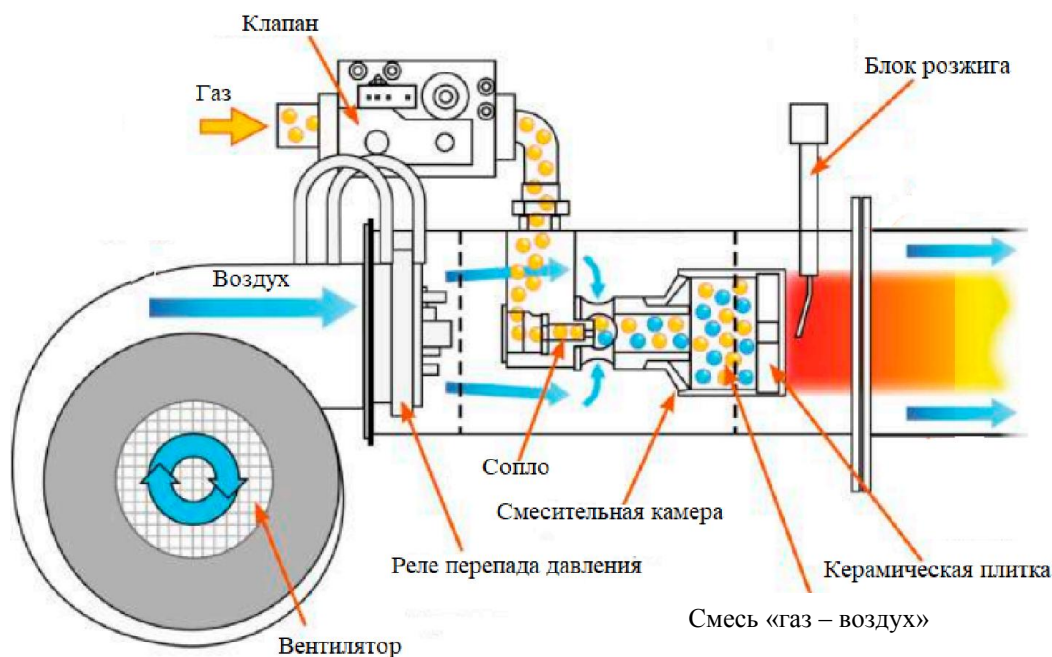


Рис. 1. Состав газового инфракрасного излучателя

Выходной координатой в параметрической модели ГИИ является тепловая мощность, непосредственно не измеряемая при управлении. Замена тепловой мощности на температуру в производственной зоне неправильна, поскольку инфракрасное излучение оказывает влияние на зону комфорта человека и необходим переход в системе управления от контролируемой температуры воздуха к «ощущаемой» температуре (субъективно определяемой человеком). Таким образом, человек непосредственно включается в измерительный контур системы управления отоплением.

С точки зрения метода управления отоплением при использовании ГИИ сохраняется управление по прогнозу на основе температурных графиков наружной температуры, календарного плана и времени суток.

Непосредственно на излучатель формируются команды на включение (как одно, так и многоступенчатое), что приводит к значительному разбросу температуры воздуха в рабочей зоне относительно заданного значения (уставки). Целесообразно изменять подачу газа в сопло исходя из значения уставки с введением коррекции по теплотворной способности и температуре газозвушной смеси (на основе числа Воббе), определяющей теплотворную способность топлива.

Указанная коррекция может производиться с использованием функциональных блоков, позволяющих рассчитывать теплофизические свойства газа. Современные программно-технические средства автоматизации позволяют делать такие расчеты. Так, в состав системной библиотеки среды программирования контроллеров для управления газовыми турбинами входят модули, оценивающие удельную теплоту

сгорания газа, например модуль «\_GERG\_91\_1» среды «UnimodPro 2» (рис. 2) [2]. Входы и выходы блока имеют вещественный, булевый и целый форматы данных. На основе данных о температуре, давлении и компонентном составе газа, вводимых вручную или с блоков опроса датчиков, производится расчет динамической вязкости и удельной теплоты сгорания газа. В случае недостатка данных формируется ошибка с определенным кодом. Функциональный блок полностью совместим со стандартными блоками языка программирования FBD.

Использование подобных блоков требует введения в состав системы управления газоанализатора в сравнении с системой батарейного отопления от тепловой сети.

_GERG_91_1		GERG_91		Расчет свойств природного газа (метод GERG-91 мод.)
Входы	→ r4 t	вещественный	0.000...	Температура газа (град.С)
	→ r4 P	вещественный	0.000...	Давление газа (кПа)
	→ r4 Ds	вещественный	0.000...	Плотность газа при стандартных условиях (кг/куб.м)
	→ TypeX	булевский	false	Тип компонентного состава газа: FALSE - в молярных ...
	→ X	ссылка		Ссылка на массив с компонентным составом газа
Выходы	← r4 K	вещественный	0.000...	Коэффициент сжимаемости
	← r4 Dens	вещественный	0.000...	Плотность газа при рабочих условиях (кг/куб.м)
	← r4 ka	вещественный	0.000...	Показатель адиабаты
	← r4 u	вещественный	0.000...	Скорость звука в газе (м / с)
	← r4 Visc	вещественный	0.000...	Динамическая вязкость (мкПа * с)
	← r4 Hh	вещественный	0.000...	Высшая удельная теплота сгорания (МДж / куб.м)
	← r4 Hl	вещественный	0.000...	Низшая удельная теплота сгорания (МДж / куб.м)
	← l4 err	целый	0	Код ошибки

Рис. 2. Функциональный блок расчета свойств газа

Таким образом, отопление цеха посредством ГИИ требует модификации библиотек программных сред проектирования и эксплуатации систем управления отоплением. Применение рассматриваемых функциональных блоков позволит снизить ошибку регулирования, связанную с неточностью составления температурного графика влияния свойств газа на температуру керамической плитки. В целом это приведет к снижению тепловой энергии, подаваемой в рабочие зоны цеха. С точки зрения теории управления ГИИ характеризуется меньшей инерционностью, чем гидравлическая система. Замена способа отопления и типа отопительного прибора не устраняет факторы, выделенные ранее и неконтролируемые при отоплении [3].

Алгоритм управления работой ГИИ включает подготовку к розжигу, розжиг, контроль процесса сжигания газа, изменение мощности ГИИ на основе прогноза и «ощущаемой» температуры, блокировку подачи газа при отсутствии искры или перегреве горелки. В ходе контроля клапаны

подачи газа и воздуха постоянно открыты. Формирование прогноза осуществляется на основе статистических моделей, использующих накопленные и модифицируемые архивы системы диспетчерского управления отоплением.

Задачи дальнейшего исследования заключаются в определении тепловой нагрузки на излучатель с расчетом давления газа на входе в сопло горелки и составлении прогнозов для разных режимов работы.

### **Библиографический список**

1. Логинов А.В. Автоматизация потребления тепловой энергии // Теория и практика современной науки. 2016. № 8 (14). С. 249–256.
2. Среда разработки Unimod PRO 2 (версия 2.3.40). URL: [https://doc.trei.biz/unimodpro2/programming\\_guide/](https://doc.trei.biz/unimodpro2/programming_guide/) (дата обращения: 20.09.2025).
3. Грибков И.Н., Лыков А.Н. Анализ систем отопления и перспективы автоматизации // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2012. № 6. С. 192–201.

## **USE OF GAS INFRARED RADIATORS FOR HEATING WORKSHOPS**

**O.L. Akhremchik, A.N. Chestnyh**

***Abstract.** The composition of a gas infrared radiator for use in workshop heating systems is considered. When using predictive control, it is proposed to adjust the set point based on the calculation of the gas's thermophysical properties in the functional unit. Instead of using the temperature in the work area, the "felt temperature" parameter is used, which is subjectively assessed by the worker. A control algorithm of the radiator operation is given.*

***Keywords:** gas infrared radiator, control, set point, gas properties, temperature.*

Об авторах:

Ахремчик Олег Леонидович – доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации технологических процессов, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: [akhremchik@mail.ru](mailto:akhremchik@mail.ru)

Честных Иван Николаевич – аспирант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: [akhremchik@mail.ru](mailto:akhremchik@mail.ru)

About the authors:

Akhremchik Oleg Leonidovich – Doctor of Science, Professor of Automation Department, Tver State Technical University, Tver. E-mail: [akhremchik@mail.ru](mailto:akhremchik@mail.ru)

УДК 621.315

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Д.Д. Син, Е.Е. Истратова

© Син Д.Д., Истратова Е.Е., 2026

*Аннотация.* В статье указаны результаты математического моделирования влияния факторов окружающей среды на сопротивление воздушных линий электропередачи. Для проверки полученных результатов были проведены испытания на опытном макете линии электропередачи с натянутым изолированным проводом. Расхождение между результатами математического моделирования и экспериментальными данными составило менее 5 %.

*Ключевые слова:* воздушные линии электропередачи, техническое состояние, импеданс, моделирование.

Оценивание технического состояния воздушных линий электропередачи на сегодняшний день является одной из ключевых задач в электроэнергетике, поскольку оперативное выявление проблем и реагирование на них позволяют существенно повысить уровень надежности эксплуатации электросетей [1].

В данном контексте применение различных автоматизированных средств и программно-аппаратных комплексов в качестве инструментов для проведения мониторинга технического состояния воздушных линий электропередачи является перспективным направлением. Использование подобного инструментария предоставляет возможности без отключений и остановки работы сетей осуществлять неразрушающий дистанционный контроль за их состоянием в режиме реального времени. Согласно ряду исследований, существенное влияние на работоспособность воздушных линий электропередачи оказывают факторы внешней среды, такие как температура воздуха, скорость ветра и т.д. [2–4].

В рамках настоящего исследования анализировалось воздействие метеорологических параметров, включая температуру и влажность воздуха, скорость ветра и уровень солнечной радиации, на функциональную