

где  $f_1(Gr) = \left\{ \begin{array}{l} 0,116 Gr^{0,452}, Gr \leq 16800 \\ 3,14 Gr^{0,124}, Gr > 16800 \end{array} \right\}$ ;

$$m = \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{Gr}{10^4}, \text{ если } Gr \leq 10^4 \\ 0, \text{ если } Gr \geq 10^4 \end{array} \right\}.$$

**Заключение.** Полученная нами зависимость показывает, что влияние термогравитационных сил на теплообмен, при  $Gr=0$  совпадает с известной зависимостью для теплообмена при вынужденной конвекции и с достаточной точностью описывает опытные данные в случае свободной конвекции.

#### Список использованных источников

1. К. Джапбиев, А.Ш. Мухаммедова, А.Х. Иллиев, Р.А. Гулмырадов. Использование теплоты дымовых газов парогенераторов, водо- и воздухоподогревателей. Технологические инновации и научные Открытия / Сборник трудов по материалам XI Международного конкурса научно-исследовательских работ (19 декабря 2022 г., г. Уфа). В 3 ч. Ч.1 / – Уфа: Изд. НИЦ Вестник науки, 2022. – с. 207-215.

2. Джапбиев К., Гулмырадов Р.А., Рахманов С.Б., Моммыков С.Б. Регенеративный теплообменник работающих с твёрдым теплоносителем для охлаждения дымовых газов. Всероссийский форум студентов и учащихся - 2023 : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (27 февраля 2023 г.). – Петрозаводск : МЦНП «Новая наука», 2023. – с. 103-110.

3. Е.Г.Барышев, Е.Ф. Рашников, В.С. Носов. Исследование гидродинамики и теплообмена в каналах с шаровым наполнением. Теплоэнергетика, №8, с.85-87, 1974.

УДК 620

## ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ

А. Овулягулыев<sup>1</sup>, Б. Гурбанов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> НПЦ «Возобновляемые источники энергии» Государственного энергетического института Туркменистана

<sup>2</sup> Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

*In modern conditions, measurements of heat flux density are becoming important in engineering. They are necessary in thermophysical experiments devoted to the study of the properties of substances and heat exchange processes, as well as for diagnostics of industrial heat and power equipment and control of its operating modes. Heat metering methods can be successfully used for operational quality control of thermal insulation of power plants and pipelines, determination of heat-protective properties of building structures. Such control contributes, on the one*

*hand, to the rational use of insulating materials, and on the other hand, to saving thermal energy.*

**Актуальность работы.** Теплометрия позволяет эффективно решать задачи измерения коэффициентов теплопроводности материалов с непосредственным определением плотности теплового потока, проходящего через контролируемый образец. С ее помощью можно измерять коэффициенты теплоотдачи и лучистого теплообмена; определять составляющие теплового потока в процессах сложного теплообмена; создавать замкнутые оболочки с контролируемым теплопереносом для высокоточной калориметрии тепловых эффектов при исследованиях удельной теплоемкости веществ, теплот фазовых переходов и т.п.

**Введение.** Основная проблема на пути широкого использования теплометрии в нашей стране связана с недостаточным уровнем развития теплометрических преобразователей (датчиков) теплового потока, заметно отстающих от современной цифровой измерительной техники. В особенности это относится к датчикам для промышленных экспериментов, которые наряду с приемлемыми метрологическими характеристиками, должны отличаться конструктивной простотой, надежностью и невысокой стоимостью.

**Материалы и методы.** В последнее время мировое сообщество столкнулось с серьезными энергетическими проблемами, обусловленными ускоренным экономическим ростом, исчерпанием и крайне неравномерным распределением энергетических ресурсов, чрезмерной нагрузкой энергетической инфраструктуры на окружающую среду [1]. Для нашей страны эта ситуация усугубляется проблемами переходного периода, а также тем, вынужденная тратить значительную долю своих энергоресурсов на обогрев производственных и жилых зданий. Поэтому в Энергетической стратегии Туркменистана важнейшей задачей названо повышение эффективности производства и потребления энергии внутри страны, а энергосбережение отнесено к приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники и входит в перечень критических технологий [2].

Энергосбережение необходимо рассматривать в двух аспектах [3]. Первый предполагает структурную перестройку Туркменской экономики в пользу развития малоэнергоемких обрабатывающих отраслей, наукоемких производств и сферы услуг. Второй включает в себя реализацию потенциала организационного и технологического энергосбережения, т.е. внедрение передовых технологий, техническое перевооружение существующих производств, внедрение энергосберегающих мероприятий, позволяющих заметно сократить затраты энергии на выпуск единицы продукции. Следует отметить, что экономия энергии неразрывно связана со сбережением ресурсов, в частности, пресной воды, которая потребляется в нашей стране в огромных количествах. В свою очередь, экономия ресурсов, стоимость которых содержит значительную энергетическую составляющую, влечет за собой экономию энергии.

Для объективного определения эффективности использования энергии в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве, на транспорте и в других отраслях экономики законодательно предусмотрено проведение энергетических обследований предприятий, которые включают и инструментальный контроль составляющих теплового баланса технологического оборудования и помещений [3]. По существу речь идет о проведении теплотехнических экспериментов в производственных условиях, позволяющих проводить диагностику и мониторинг объектов, как в статических, так и в динамических режимах их эксплуатации. Такие промышленные эксперименты являются технической основой энергосбережения и требуют соответствующего метрологического обеспечения.

Основные акценты при этом направлены на теплосбережение за счет организации учета тепловой энергии, поддержания оптимальных параметров теплоносителей и минимизации тепловых потерь в окружающую среду с поверхности теплотехнического оборудования, технологических трубопроводов и наружных ограждений зданий. Последнее предполагает наличие эффективной теплоизоляции и периодический контроль её целостности.

В настоящее время измерения всех основных параметров теплоносителей - давления, температуры, расхода, а также температур стенок - являются привычными и хорошо отработанными. Наиболее сложной процедурой при энергетических обследованиях остается непосредственное измерение плотности тепловых потоков на теплообменных поверхностях (теплометрия) [4]. Причина этого заключается в отсутствии простых, надежных, недорогих, а потому и распространенных датчиков тепловых потоков. Как известно, современные измерительные системы резко шагнули вперед; они позволяют автоматизировать и компьютеризировать эксперименты, регистрировать, хранить и обрабатывать огромные массивы опытных данных. Однако существующие датчики тепловых потоков пока отстают от уровня развития преобразовательной техники. Сложившаяся ситуация сдерживает развитие методов диагностики теплоэнергетических систем промышленных предприятий, ограничивая их тепловизионным контролем распределения температуры на поверхности оборудования. Плотности тепловых потоков на стенках приходится затем определять расчетным путем, причем точность такого их определения невелика.

Вышесказанное в полной мере относится и к экспериментальным исследованиям процессов конвективного, радиационного и сложного теплообмена. Широкий спектр таких исследований проводится как учеными, так и разработчиками энергоэффективных конструкций, оптимальных тепловых схем и режимов эксплуатации промышленных теплоэнергетических установок. Использование теплометрических датчиков, несомненно, следует рассматривать как средство повышения информативности и эффективности теплофизического эксперимента; оно позволит не только облегчить проведение комплексных научных исследований и лабораторных испытаний, но и упростить их автоматизацию.

Достоверность основных научных положений и выводов работы подтверждается применением современной метрологически аттестованной экспериментальной техники и технологического оборудования для вакуумного напыления, воспроизводимостью результатов градуировочных экспериментов тонкопленочных датчиков тепловых потоков и анализом их погрешностей.

Выполнено тестирование тонкопленочных датчиков теплового потока на ряде классических задач теплообмена. Оно было проведено в лабораторных условиях с целью определения плотностей тепловых потоков, эффективности тепловой изоляции и коэффициентов теплоотдачи на элементах теплогидравлического стенда, а также на действующем теплоэнергетическом оборудовании теплового пункта. Тестовые эксперименты подтвердили работоспособность датчиков и корректность теплотрических измерений, осуществляемых с их помощью.

### **Список литературы**

1. В.Е.Фортов, О.С.Попель, Энергетика в современном мире, ИД «Интеллект», М., 2011, 167 с.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: <http://minenergo.gov.ru/activitv/energostrategy/pr4.php>.
3. О.Л.Данилов, А.Б.Гаряев, И.В.Яковлев и др., Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях (под ред. А.В.Клименко), М., ИД МЭИ, 2010, 423 с.
4. С.З.Сапожников, В.Ю.Митяков, А.В.Митяков, Градиентные датчики теплового потока, СПб., Изд. СПбГПУ, 2003, 168 с.
5. Теория тепломассообмена // Под ред. А.И.Леонтьева, М., Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1997, 683 с.
6. Ф.Ф.Цветков, Б.А.Григорьев, Тепломассообмен, М., Изд. МЭИ, 2001, 549 с.
7. О.А.Герашенко, В.Г.Федоров, Тепловые и температурные измерения, Киев, Наукова думка, 1965, 304 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ: РАСПОЗНАВАНИЕ И ДЕТЕКЦИЯ ЛИЦ**

**Кулик А.Д., Мухачева Е.Г.**

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,  
[anastasiakulick33@gmail.com](mailto:anastasiakulick33@gmail.com)

*This article describes the mechanism of neural networks, and in particular the mechanism of facial recognition. The basic principle of face recognition with such stages as detection, normalization, extraction is highlighted.*