

Сделаем вывод, что в проведенном исследовании показано влияние статического напора на форму частотной характеристики мощности. Доказано, что кубическая формула (2) является частным случаем, поэтому наличие знака равенства в уравнении неверно.

Литература

1. Фащиленко, В. Н. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий : учеб. пособие / В. Н. Фащиленко. – М. : Гор. кн., 2011. – 260 с.
2. Optimization of a variable frequency drive pump working on a water tower / N. V. Hruntovich [et al] // EDP Sciences : In E3S Web of Conferences. – 2019. – Vol. 124. – P. 05060.

УДК 536.3

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ГОРЕНИИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА МЕТОДОМ ГРАДИЕНТНОЙ ТЕПЛОМЕТРИИ

А. В. Бикмулин, Н. Е. Кикоть, В. М. Проскурин, Ю. В. Андреев
*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого», Российская Федерация*

Приведены результаты измерений тепловыделения при горении дизельного топлива, полученные методом термометрии и градиентной теплометрии. Проведено сравнение методик измерения. Подчеркивается преимущество применения градиентной теплометрии.

Ключевые слова: градиентная теплометрия, градиентные датчики теплового потока, термометрия, горение, тепловой поток.

MEASUREMENT OF THE HEAT EXCHANGE DURING THE COMBUSTION OF DIESEL FUEL BY THE METHOD OF GRADIENT HEATMETRY

A. V. Bikmulin, N. E. Kikot, V. M. Proskurin, Yu. V. Andreev
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russian Federation

This paper presents the results of measurements of heat exchange during the combustion of diesel fuel obtained by thermometry and gradient heatmetry. Comparison of measurement methods is carried out. The advantage of using gradient heatmetry is emphasized.

Keywords: gradient heatmetry, gradient heat flux sensors, thermometry, combustion, heat flux.

Для наиболее эффективной и безопасной работы котла необходим постоянный контроль параметров. В настоящее время системы управления водогрейных и паровых котлов повсеместно основываются на термометрии [1]. Данный способ является достаточно инерционным и малоинформативным. Для измерения локальных изменений характера горения пламени необходимо применять методику градиентной теплометрии.

Градиентные датчики теплового потока (ГДТП), разработанные в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого [2], [3], представляют собой анизотропный термоэлемент. Принцип действия основан на поперечном эффекте Зеебека [4]. При прохождении теплового потока через датчик в нем возникает поперечная разность температур, что генерирует пропорциональный этой разности термоЭДС. Неоспоримым преимуществом является высокое быстродействие датчиков [4].

Секция 5. Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика 65

Постановка эксперимента. Спроектированный экспериментальный стенд представлен на рис. 1.

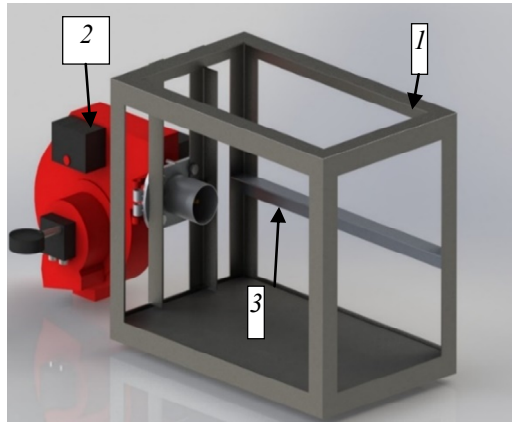


Рис. 1. Экспериментальный стенд для измерения плотности теплового потока при горении:
1 – металлический каркас; 2 – горелка; 3 – перекладина

На металлический каркас 1 была установлена дизельная горелка «OILON» типа КР-6 2, с форсункой «DANFOS» 1,75 60 S. Измерения проводились каждые 25 мм вдоль зоны горения, отмеченные на измерительной перекладине 3. Измерительным прибором являлся зонд, который представляет из себя теплообменник типа труба в трубе (рис. 2) и термопары (хромель + алюмель). Зонд имеет водяное охлаждение с температурой проточной воды 20 °С. На латунной пяте был установлен ГДТП.

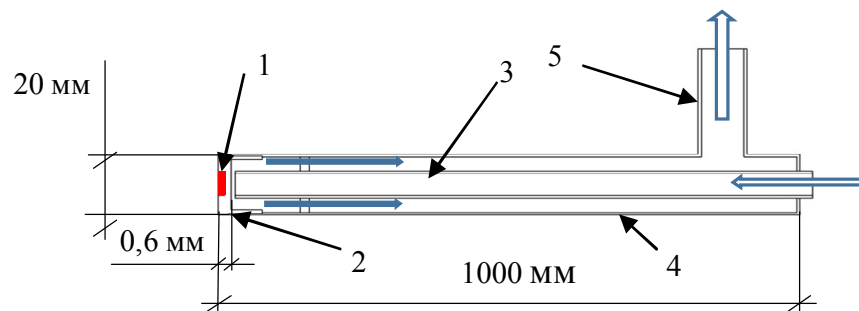


Рис. 2. Измерительный зонд:
1 – гетерогенный градиентный датчик теплового потока; 2 – латунная пята;
3 – труба для подачи воды; 4 – внешний кожух; 5 – патрубок отвода воды

Эксперимент проводился на двух режимах: при давлении топлива, равном 12 и 15 бар, средняя мощности дизельной горелки – 77–101 кВт.

Результаты. Получено распределение значений местного теплового потока и температуры вдоль факела дизельной горелки (рис. 3 и 4).

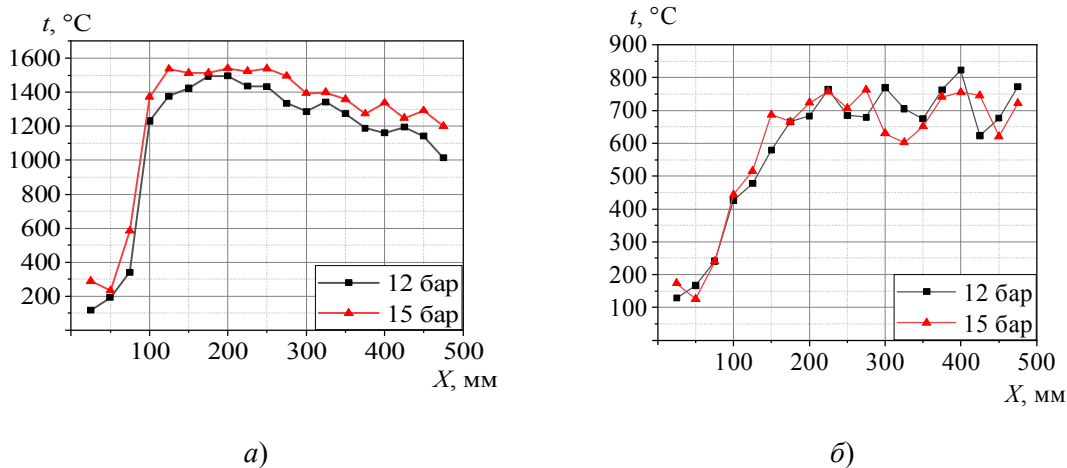


Рис. 3. Распределение температуры вдоль факела:
 а – в ядре; б – на периферии

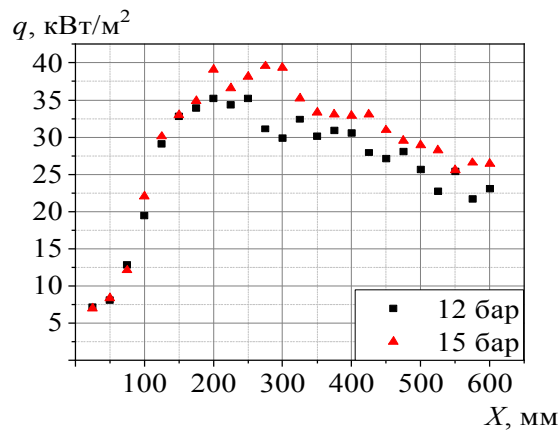


Рис. 4. Распределение плотности теплового потока

Видно сходство полученных графиков распределения температуры и плотности теплового потока. Однако максимальные значения плотности теплового потока на двух разных режимах отличаются на 11,1 %, тогда как значения температуры близки. Для корректного измерения необходимо устанавливать несколько термпар, в том числе в ядро горения факела. Проще измерять тепловой поток, исходящий от пламени напрямую, не внося возмущений в сам процесс горения [5].

Таким образом, можно сделать вывод, что термометрия не позволяет оценить изменения тепловыделения от факела при изменении режима работы горелки. Градиентная теплотометрия позволяет измерить локальные тепловыделения от факела и определить теплонапряженные зоны, что, в свою очередь, позволит сделать выводы при настройке горелочного аппарата.

Литература

1. Measurements on Heat Flux Distribution in a Supercritical Arch-Fired Boiler / Z. Dalong [et al.] // Clean Coal Technology and Sustainable Development : Proceedings of the 8th International Symposium on Coal Combustion. – 2015. – N 212029. – P. 207–212.
2. Анализ течения и теплообмена при обтекании круговых цилиндров / В. В. Сероштанов [и др.] // XXVI Всероссийский семинар с международным участием по струйным, отрывным и нестационарным течениям : материалы докл. – СПб., 2022. – С. 168–169.

3. Изучение пленочной конденсации насыщенного водяного пара на поверхностях труб методом градиентной теплотметрии / С. З. Сапожников [и др.] // Теплоэнергетика. – 2021. – № 10. – С. 73–81. DOI 10.1134/S0040363621090071
4. Sapozhnikov, S. Z. Heatmetry. The Science and Practice of Heat Flux Measurement / S. Z. Sapozhnikov, V. Yu. Mityakov. – St.-Petersburg : Springer International Publishing, 2020. – 209 p.
5. Duda, P. A new method for identification of thermal boundary conditions in water-wall tubes of boiler furnaces / P. Duda, J. Taler // Int J Heat Mass Transf. – 2009. – Vol. 52. – P. 1517–1524.

УДК 536.24

ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА МЕТОДОМ ГРАДИЕНТНОЙ ТЕПЛОМЕТРИИ ПРИ КИПЕНИИ НА ПОВЕРХНОСТЯХ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ

Н. Е. Кикоть, А. В. Бикмулин

*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого», Российская Федерация*

Методика градиентной теплотметрии позволяет измерять местную плотность теплового потока при кипении недогретой воды на перегретой поверхности. Измерение плотности теплового потока при фазовых переходах является одной из важнейших задач, так как термометрия не позволяет рассмотреть процесс детально. Рассмотрено кипение недогретой воды на поверхности шара и цилиндра и измерено значение критической плотности теплового потока.

Ключевые слова: градиентная теплотметрия, гетерогенные градиентные датчики теплового потока, местная плотность теплового потока, пузырьковый режим кипения.

MEASUREMENT OF THE HEAT FLUX DENSITY BY THE METHOD OF GRADIENT THERMOMETRY AT BOILING ON SURFACES OF VARIOUS SHAPES

N. E. Kikot, A. V. Bikmulin

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Russian Federation

The method of gradient heatmetry makes it possible to measure the heat flux per unit area during boiling of subcooled water on an overheated surface. Measurement of the heat flux during phase transitions is one of the most important tasks, since thermometry does not allow us to consider the process in detail. The paper considers the boiling of subcooled water on the surface of a ball and a cylinder and measures the value of the critical heat flux per unit area.

Keywords: gradient heatmetry, heterogeneous gradient heat flux sensors, heat flux per unit area, bubble boiling mode.

Развитие современных технологий требует снижения массогабаритных параметров, что приводит к возрастанию тепловых нагрузок, которые необходимо отводить. Одним из основных способов теплоотвода является теплообмен при кипении теплоносителя. Он обширно применяется в таких областях, как ядерная энергетика, теплогенерация, химическая промышленность, охлаждение высокопроизводительной электроники, кондиционирование, аэрокосмическая отрасль и т. д.

Преобладающие количество экспериментов, связанных с изучением теплообмена при кипении, основаны на термометрии [1] и высокоскоростной визуализации [2], что не позволяет комплексно исследовать кипение и его режимы [3].

Изучение теплообмена при кипении на шарообразной поверхности исключало