

НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



**XXIV Международная научно–техническая  
конференция студентов и аспирантов**

**РАДИОЭЛЕКТРОНИКА,  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА  
И ЭНЕРГЕТИКА**

15–16 марта 2018 г.

МОСКВА

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МЭИ"  
АКАДЕМИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ НАУК  
АССОЦИАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТДЕЛОВ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ (АМО)  
РОССИЙСКО-КИРГИЗСКИЙ КОНСОРЦИУМ ТЕХНИЧЕСКИХ  
УНИВЕРСИТЕТОВ  
РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ СИГРЭ

---

# РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА

---

ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЕРТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

15–16 марта 2018 г.

МОСКВА

## ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



МОСКВА

НИУ МЭИ

2018

УДК 621.3+621.37[(043.2)]

P 154

**РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА:**  
P 154 Двадцать четвертая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (15–16 марта 2018 г., Москва): Тез. докл. — М.: ООО «Центр полиграфических услуг „Радуга“», 2018. — 1120 с.

ISBN 978-5-905486-08-1

Помещенные в сборнике тезисы докладов студентов и аспирантов российских и зарубежных вузов освещают основные направления современной радиотехники, электроники, информационных технологий, электротехники, электромеханики, электротехнологии, ядерной энергетики, теплофизики и электроэнергетики.

Сборник предназначен для студентов, аспирантов, преподавателей вузов и инженеров, интересующихся указанными выше направлениями науки и техники.

В отдельных случаях в авторские оригиналы внесены изменения технического характера. Как правило, сохранена авторская редакция.

#### **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

**Роголёв Н.Д. — ректор, председатель Оргкомитета**

**В.К. Драгунов** — проректор по научной работе, сопредседатель  
**Т.А. Степанова** — проректор по учебной работе, сопредседатель  
**Р.Р. Насыров** — доцент кафедры ЭЭС, ответственный секретарь, сопредседатель  
**С.А. Цырук** — помощник проректора по научной работе  
**А.Е. Тарасов** — начальник отдела международных связей  
**С.А. Грузков** — директор ИЭТ  
**И.Н. Мирошникова** — директор ИРЭ  
**А.В. Дедов** — директор ИТАЭ  
**В.Н. Тульский** — директор ИЭЭ  
**В.П. Лунин** — директор АВТИ  
**С.А. Серков** — директор ЭнМИ  
**С.В. Захаров** — директор ИПЭЭф  
**А.Ю. Невский** — директор ИнЭИ  
**А.С. Федулов** — директор филиала МЭИ в г. Смоленске  
**М.М. Султанов** — директор филиала МЭИ в г. Волжский  
**С.А. Абдулкеримов** — директор филиала МЭИ в г. Душанбе  
**Н.И. Файрушин** — директор Энергетического колледжа (филиал МЭИ) в г. Конаково

ISBN 978-5-905486-08-1



9 785905 486081

© Авторы, 2018

© Национальный исследовательский университет «МЭИ», 2018

**Направление**

**РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**

---

Научный руководитель направления —  
директор ИРЭ, д.т.н.,  
профессор И.Н. Мирошникова

## Секция 41

# ТЕПЛОФИЗИКА

*Председатель секции — д.ф.-м.н., профессор О.А. Синкевич*  
*Секретарь секции — к.т.н., доцент В.В. Глазков*

---

*А. В. Абрамов, студент;*  
*рук. Е. В. Свиридов, к.т.н., доц. (НИУ «МЭИ», Москва)*

### **АСНИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ О ПОЛЯХ ОСРЕДНЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ**

При экспериментальном исследовании полей осредненной температуры в МГД-потоках жидкого металла необходимо использовать аппаратные средства измерения сигналов термопар, обладающие высокой разрешающей способностью и низким уровнем собственных шумов. Функциональные термопарные модули, используемые в настоящий момент, не позволяют тиражировать элементы АСНИ для ввода в эксплуатацию новых экспериментальных стендов по исследованию МГД-теплообмена жидких металлов.

Целью работы является разработка недорого тиражируемого модуля регистрации сигналов термопар и получение экспериментальных данных о полях температуры на экспериментальном стенде МЭИ-ОИВТ РАН. Модуль построен на базе АЦП с низким уровнем шума типа MAX31856, имеющих управляемый предусилитель, фильтр низких частот, схему термокомпенсации холодного спая термопар. Управление АЦП осуществляется микроконтроллером, взаимодействующим с верхним уровнем АСНИ по проводной, беспроводной сети или последовательным интерфейсам типа USB, RS485. Программное обеспечение многоканального опроса реализовано в среде NI LabVIEW. Модуль позволяет регистрировать сигналы термопар различных типов (хромель-алюмель, хромель-копель, медь-константан и др.) с возможностью автоматического учета температуры холодных спаев, а также регистрировать низковольтные сигналы с последующим расчетом температур по индивидуальным градуировочным зависимостям.

#### **Литература**

1. **Безносков А. В., Новожилова О. О., Савинов С. Ю.** Экспериментальные исследования процессов теплообмена и профилей температур потока тяжелого жидкометаллического теплоносителя // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. Обнинск. 2008. № 3.
2. **Maxim Integrated Products, Inc.** MAX31856 Precision Thermocouple to Digital Converter with Linearization. 2015.

*К. В. Чирухин, студ.;*  
*рук. А. И. Хайбуллина, ст. препод. (КГЭУ, Казань)*

## **К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ НАЛОЖЕНИИ ПУЛЬСАЦИЙ НА ПОТОК ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ОБТЕКАНИИ КОРИДОРНОГО ПУЧКА ТРУБ**

В данной работе была предложена методика оценки эффективности при применении пульсаций для повышения теплоотдачи элементов теплообмена. С помощью данной методики, по результатам численного моделирования представленных в работе [1] была рассчитана теплогидравлическая эффективность  $\eta$  пучков труб коридорного пучка труб при наложении на поток жидкости противоточных несимметричных пульсаций, что позволило оценить эффективность пульсаций при интенсификации теплообмена в коридорном пучке труб. Эффективность метода интенсификации также можно оценить с помощью удельного коэффициента теплогидравлической эффективности при условии  $Re_p = Re_{st}$  (фактор аналогии Рейнольдсов (ФАР)) в форме

$$\eta = E_p / E_{st} = (Nu_p / Nu_{st}) / (\xi_p / \xi_{st}) \quad (1)$$

где  $Re_{st}$ ,  $E_{st}$ ,  $Nu_{st}$ ,  $\xi_{st}$ ,  $Re_p$ ,  $E_p$ ,  $Nu_p$ ,  $\xi_p$  — числа Рейнольдса, коэффициенты эффективности Кирпичева, числа Нуссельта и гидравлическое сопротивление в канале со стационарным и при пульсирующем течении.

Расчеты теплогидравлической эффективности  $\eta$  в пульсирующем течении проводились для диапазонов чисел Рейнольдса  $Re$   $100 \leq Re \leq 900$ , частот  $0,125 \leq f \leq 0,5$  Гц, безразмерных относительных амплитуд пульсаций  $1,25 \leq \beta \leq 4,5$  и произведения  $\beta$  на числа Струхала  $Sh$   $0,026 \leq \beta Sh \leq 2,5$ .

В результате расчетов было выявлено, что с увеличением чисел  $Re$  происходит увеличение  $\eta$  не зависимо от амплитуды  $\beta$  и частоты пульсаций  $f$ . С увеличением же произведения  $\beta Sh$  происходит снижение  $\eta$  во всем диапазоне произведения  $\beta Sh$ .

### **Литература**

1. Хайбуллина А. И., Хайруллин А. Р., Ильин В. К. Теплообмен в проточном канале с пучком труб коридорного расположения при наложении на поток жидкости противоточных низкочастотных несимметричных пульсаций // Известия ВУЗов «Проблемы энергетики». 2016. № 11–12. С. 64–75.

Секция 24. Электрические и электронные аппараты . . . . .	400
Секция 25. Электропривод и автоматика . . . . .	423
Секция 26. Промышленные электротермические установки . . . . .	455
Секция 27. Электрический транспорт . . . . .	481
НАПРАВЛЕНИЕ — ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ . . . . .	489
Секция 28. Инженерная экология. . . . .	491
НАПРАВЛЕНИЕ — ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ . . . . .	511
Секция 29. Экономика в энергетике и промышленности . . . . .	513
Секция 30. Менеджмент в энергетике и промышленности . . . . .	548
Секция 31. Информационные технологии и информационная безопасность . . . . .	582
НАПРАВЛЕНИЕ — ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ. . . . .	613
Секция 32. Промышленная электроэнергетика . . . . .	615
Секция 33. Энергетика теплотехнологии . . . . .	617
Секция 34. Процессы и аппараты промышленной теплоэнергетики . . . . .	642
Секция 35. Энергосбережение и промышленная экология . . . . .	651
Секция 36. Промышленные теплоэнергетические системы . . . . .	665
Секция 37. Электрохимическая и водородная энергетика . . . . .	711
Секция 38. Экономика теплоэнергетики . . . . .	719
НАПРАВЛЕНИЕ — ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОФИЗИКА. . . . .	741
Секция 39. Атомные электрические станции и установки . . . . .	743
Секция 40. Проблемы термоядерной энергетики и плазменные технологии . . . . .	759
Секция 41. Теплофизика . . . . .	771
Секция 42. Техника и физика низких температур . . . . .	806
Секция 43. Нанотехнологии. . . . .	819
НАПРАВЛЕНИЕ — ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА. . . . .	829
Секция 44. Котельные установки и охрана окружающей среды . . . . .	831