

# Math-Net.Ru

All Russian mathematical portal

V. I. Molotkov, A. P. Nefedov, Экспериментальное определение профилей электропроводности и температуры в пограничном слое МГД-генератора, *TVT*, 1982, Volume 20, Issue 3, 586–588

<https://www.mathnet.ru/eng/tvt6342>

Use of the all-Russian mathematical portal Math-Net.Ru implies that you have read and agreed to these terms of use

<https://www.mathnet.ru/eng/agreement>

Download details:

IP: 18.97.14.84

April 24, 2025, 19:45:45



1. Кириллин В. А., Альтов В. А. и др. Взрывной магнетогидродинамический генератор со сверхпроводящей магнитной системой.— ДАН СССР, 1969, т. 185, с. 316.
2. Титов В. М., Швецов Г. А. Генерация электрических импульсов высокой мощности с помощью кумулятивного заряда.— ФГВ, 1980, т. 16, с. 47.
3. Джокс М., Мак-Киннон Ч., Блэкмен В. Генерация кратковременных импульсов в линейных МГД-генераторах.— В кн.: Прикладная магнитная гидродинамика. М.: Мир, 1968.
4. Сейфуллин М. А., Попов Е. П. Излучательные свойства ударных волн в газах. М.: Наука, 1977.
5. Асиновский Э. И., Осташев В. Е. Предельные возможности импульсного МГД-преобразователя по генерации электрической энергии на омическую нагрузку.— ТВТ, 1976, т. 14, № 5, с. 1079.
6. Грязнов В. К., Иосилевский И. Л., Фортгов В. Е. Расчет ударных адиабат аргона и ксенона.— ПМТФ, 1973, т. 13, № 3, с. 70.
7. Грязнов В. К., Жерноkletов М. В., Зубарев В. Н. и др. Термодинамические свойства неидеальной плазмы аргона и ксенона.— ЖЭТФ, 1980, т. 78, № 2, с. 573.
8. Минцев В. Б., Фортгов В. К., Грязнов В. К. Электропроводность высокотемпературной неидеальной плазмы.— ЖЭТФ, 1980, т. 79, № 1, с. 116.
9. Грязнов В. К., Иванов Ю. В., Старостин А. Н., Фортгов В. Е. Теплофизические свойства ударно-сжатого аргона и ксенона.— ТВТ, 1976, т. 14, № 3, с. 643.
10. Иванов Ю. В., Минцев В. Б., Фортгов В. Е., Дремин А. Н. Электропроводность неидеальной плазмы.— ЖЭТФ, 1976, т. 74, № 1, с. 216.
11. Кузнецов Н. М. Термодинамические функции и ударные адиабаты воздуха при больших температурах. М.: Машиностроение, 1965.
12. Лин Е., Реслер Е., Кантровиц А. Электропроводность высокоионизованного аргона в ударной волне.— Вопросы ракетной техники, 1956, т. 1 (31), с. 13.
13. Yos I. M. Technical memorandum rad TM-63-7. Wright Patterson air force base, Ohio, 22 march, 1963.
14. Павлов Г. А., Кучеренко В. И. О влиянии возбужденных атомов на проводимость плотной плазмы паров щелочных металлов.— ТВТ, 1977, т. 15, № 2, с. 409.
15. Давыдов А. Н., Попель О. С. Взрывные ударные трубы как инструмент для плазмофизических исследований.— В кн.: Динамика сплошной среды. Вып. 29. Новосибирск: ИГ СО АН СССР, 1977, с. 27.

УДК 537.523

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ МГД-ГЕНЕРАТОРА

*Молотков В. И., Шефедов А. П.*

При исследовании течений плазмы в МГД-генераторе важной задачей является получение данных о параметрах пограничного слоя. Сведения о толщине пограничного слоя и распределении параметров в нем возможно получить по измерениям локальной электропроводности плазмы, которые проводятся на Установке У-25 [1] с помощью метода добротности контура [2-4].

В данном сообщении демонстрируется применение метода добротности к исследованию пограничного слоя МГД-генератора.

При проведении исследований датчиком электропроводности служила цилиндрическая катушка, состоявшая из 17 витков провода диаметром 0,2 мм, намотанного на ферритовый сердечник диаметром 2,6 и длиной 9 мм. Фторопластовый корпус датчи-

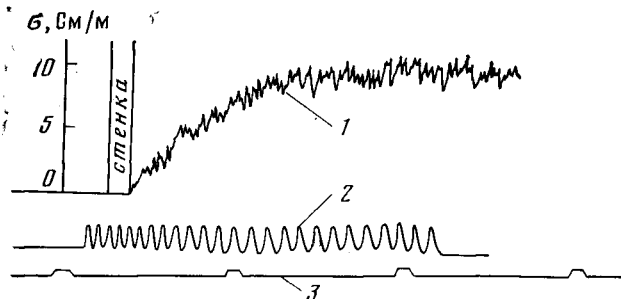


Рис. 1. Осциллограмма сигнала датчика электропроводности, полученная на Установке У-25: 1 — сигнал датчика электропроводности; 2 — метки положения; 3 — метки времени

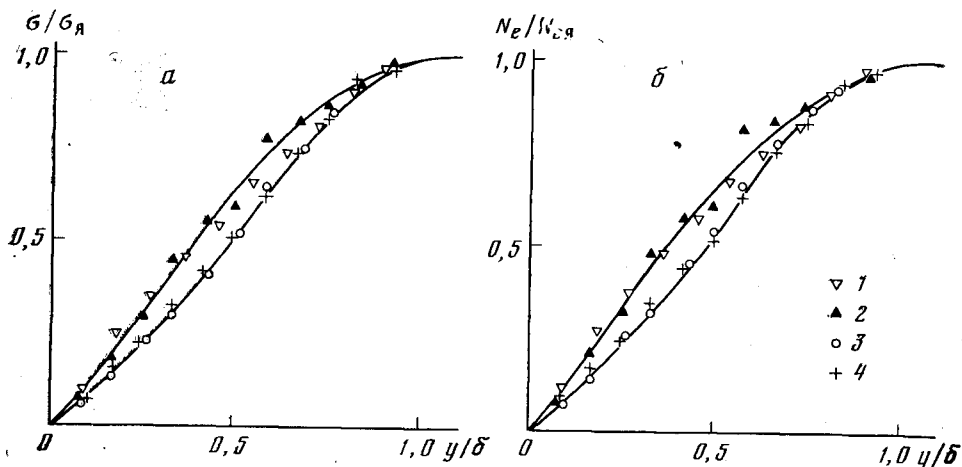


Рис. 2. Распределения электропроводности (а) и концентрации электронов (б) в пограничном слое: 1, 2 – температура в ядре потока плазмы  $T_{я}=2600$  К; 3 – 2700; 4 – 2800

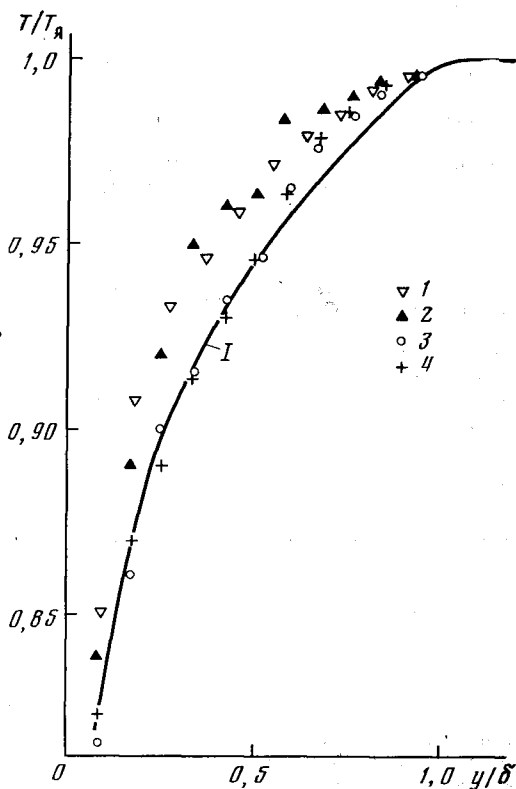


Рис. 3. Распределения температуры в пограничном слое: 1, 2 –  $T_{я}=2600$  К; 3 – 2700; 4 – 2800; I – расчет по соотношению (1) при  $T_{ст}=1160$  К

ка имел крыловидную форму в виде эллипса [4] с длинной осью 32, короткой – 16 мм. Рабочая частота датчика  $\sim 2$  МГц. Пневматическая система подачи обеспечивает ввод датчика в поток плазмы МГД-генератора и последующий его вывод в исходное положение. Время прямого и обратного хода датчика составляет 0,3–0,6 с при длине хода  $\sim 200$  мм. В месте ввода датчика в поток установка имеет прямоугольное сечение с размерами  $340 \times 930$  мм, длина в направлении зондирования 340 мм. В качестве легкоионизирующейся присадки использовался водный раствор  $K_2CO_3$ . Приводимые ниже данные получены в отсутствие магнитного поля при расходах продуктов сгорания  $\sim 30$  кг/с, давлении газа  $\sim 0,7$  атм, массовой доли кислорода в окислителе  $\sim 40\%$ , калия 1%. Температура в ядре потока  $T_{я}$  в близком от ввода датчика электропроводности сечении установки измерялась обобщенным методом обращения [4] и изменялась в зависимости от режима установки от 2600 до 2800 К.

Типичная осциллограмма сигнала датчика электропроводности приведена на рис. 1. Внизу видны метки положения, расстояние между которыми составляет 10 мм, еще ниже лежат метки времени, интервал между которыми 0,1 с. При входе в поток плазмы сигнал датчика возрастает по мере его продвижения поперек потока, что соответствует росту электропроводности. Частоты пульсаций электропроводности соответствуют, как отмечалось в [3], акустическим: 60–250 Гц, амплитуда пульсаций 5–20%. На некотором расстоянии среднее значение электропроводности стабилизируется, что указывает на достижение датчиком ядра потока. Расстояние между координатами входа датчика в поток и точкой стабилизации среднего значения электропроводности является, очевидно, толщиной пограничного слоя  $\delta$ . Электропроводность плазмы в ядре потока меняется в диапазоне 7,5–12 См/м и зависит от режима. Погрешность измерения электропроводности составляет  $\pm 15\%$ . Толщина пограничного слоя, определенная по полученным в экспериментах осциллограммам сигнала датчика электропроводности, составляла 11–12 см. Пространственное разрешение датчика оценивалось в 1 см.

Заметим, что приводимые в [4] оценки возмущения потока датчиком с эллипсоидальным корпусом при измерении в ядре потока показывают малую величину этих возмущений, что обусловлено малой толщиной пограничного слоя вблизи корпуса датчика ( $\sim 0,2$  мм) и хорошим в сравнении с другими формами корпусов обтеканием датчика потоком. Такие оценки остаются справедливыми и при измерениях в пограничном слое у стенки МГД-генератора, поскольку датчик несет информацию о зоне, в которой скорости потока  $V$  изменяются в диапазоне  $\sim (0,8-1,0) V/V_\infty$ , где  $V_\infty$  — скорость в ядре потока.

На рис. 2, а приведены экспериментальные зависимости распределения электропроводности плазмы поперек потока рабочего тела установки. Как видно из приведенных данных, распределения электропроводности несколько отличны друг от друга при  $T_{\text{я}}=2600$  К и более высоких температурах, равных 2700 и 2800 К.

Из экспериментальных распределений  $\sigma/\sigma_{\text{я}}=f(y/\delta)$  по расчетным температурным зависимостям электропроводности [3] находились профили температуры в пограничном слое МГД-генератора, а затем и распределения концентрации электронов (рис. 2, б).

Профили температуры, найденные по экспериментальным распределениям  $\sigma/\sigma_{\text{я}}$ , представлены на рис. 3. Здесь же для сравнения с результатами экспериментов показан профиль температуры, рассчитанный по известному соотношению

$$(T - T_{\text{ст}})/(T_{\text{я}} - T_{\text{ст}}) = (y/\delta)^{1/2}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{ст}}$  — температура стенки. Она принималась равной 1160 К, что соответствует температуре плавления присадки  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .

Сопоставление экспериментальных и расчетных по (1) данных показывает их хорошее согласие. Отметим, что полученное в данной работе экспериментальное распределение температуры при  $T_{\text{я}}=2600$  К совпадает в пределах точности определения  $T/T_{\text{я}}$  с экспериментальным профилем температуры, полученным в аналогичных условиях по измерениям тока на зонд, вводимый подобно датчику электропроводности в поток рабочего тела МГД-генератора [5]. Следует также отметить более высокий экспериментальный профиль температуры при  $T_{\text{я}}=2600$  К, что связано с ходом распределений электропроводности (см. рис. 2, а). Такое соотношение между профилями  $T/T_{\text{я}}$  для различных  $T_{\text{я}}$  согласуется с данными, полученными на установке У-02 при измерении распределения температур ИРР-методом [6].

Институт высоких температур  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
26.VI.1981

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Магнито-гидродинамическое преобразование энергии. Открытый цикл / Под ред. Б. Я. Шумяцкого, М. Петрика; М.: Наука, 1979, 584 с.
2. Балашов Н. А., Васильева И. А. и др. Диагностика плазмы на установке У-25.— ТВТ, 1974, т. 12, № 4, с. 417.
3. Недоспасов А. В., Побережский Л. П., Чернов Ю. Г. Состав и свойства рабочих тел МГД-генераторов открытого цикла. М.: Наука, 1977, 240 с.
4. Балашов Н. А., Васильева И. А. и др. Исследование температурной зависимости электропроводности рабочего тела крупных МГД-генераторов.— ТВТ, 1977, т. 15, № 6, с. 1234.
5. Батенин В. М., Васильева И. А., Косов В. Ф. Исследование пограничных слоев в плазме МГД-генератора методом электрического зонда.— ТВТ, 1982, т. 20, № 2.
6. Кириллов В. В., Семенов В. Д., Юндев Д. Н. К вопросу об измерении температуры в пограничном слое на стенках канала МГД-генератора открытого цикла.— ТВТ, 1973, т. 11, № 6, с. 1314.