

# Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

А. Н. Аменицкий, Б. С. Ринкевичюс, В. А. Фабрикант, Измерение распределения скоростей в пленках жидкости с помощью ОКГ, *ТВТ*, 1969, том 7, выпуск 5, 1039–1041

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 44.211.24.175

9 ноября 2024 г., 14:22:05



Во всем диапазоне расходов области II температура охладителя на выходе из пористой стенки оставалась постоянной и равной температуре насыщения. Температура внешней поверхности стенки также оставалась постоянной и превышала температуру насыщения на величину  $\Delta t_2 = 3 \div 10^\circ \text{C}$  в зависимости от тепловыделения в стенке. При этом температура жидкости на входе в пористую стенку оставалась ниже температуры кипения. Это было установлено благодаря визуальному наблюдению течения жидкости через прозрачный корпус. К тому же значения температуры внутренней поверхности пористой стенки были ниже температуры насыщения. Таким образом, в области II зона начала кипения находится внутри пористой стенки. По мере уменьшения расхода она перемещается от внешней поверхности к внутренней. При этом содержание пара в двухфазном потоке растет от 0 до  $\sim 40\%$ , а температуры наружной поверхности пористой стенки и охладителя на выходе из стенки остаются практически постоянными.

В области III на выходе из пористой стенки также наблюдалось истечение парожидкостной смеси, которая представляла собой дисперсный поток пара с каплями жидкости. Течение парожидкостной смеси такого рода по каналам пористой стенки приводило к ухудшению условий теплоотдачи за счет меньшей теплопроводности ее по сравнению с жидкостью и, как следствие, к росту температуры  $T_2$ . Рост  $T_2$  при малейшей неравномерности проницаемости образцов на отдельных участках мог привести к тому, что пар на этих участках перегревался. Это, в свою очередь приводило к частичному закипанию жидкости в корпусе рабочего участка со стороны внутренней поверхности пористой стенки. Местное закипание сопровождалось колебаниями давления в корпусе рабочего участка, что приводило к колебаниям расхода охладителя и в конечном итоге к прогарам пористых пластин.

Таким образом, течение охлаждающей жидкости в области III неустойчиво, а работа охлаждаемой стенки ненадежна. После определения расходов охладителя в момент прогара при различных тепловыделениях в стенке была построена зависимость критических тепловых потоков ( $q_{кр}$ ) от массовой скорости охладителя, приведенная на рис. 3. Зависимость  $q_{кр} = f(w_{ф\gamma})$ , а также установленные особенности течения жидкости с фазовыми переходами через пористую стенку дают возможность получить рекомендации по выбору оптимального расхода охладителя для конструкций, в которых используется пористое охлаждение с жидким рабочим телом.

Московское высшее техническое училище  
им. Э. Н. Баумана

Поступило в редакцию  
28 I 1969

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Сухов, В. М. Поляев и др. Изв. высш. учебн. завед. Машиностроение, № 4, 1966.
2. S. Weinbaum, H. Wheeler. J. Appl. Phys., 20, № 4, 1949.

УДК 533.9.082.5

#### ИЗМЕРЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ В ПЛЕНКАХ ЖИДКОСТИ С ПОМОЩЬЮ ОКГ

А. Н. Аменицкий, Б. С. Ринкевичюс, В. А. Фабрикант

При решении многих вопросов гидромеханики и теплообмена необходимо знать распределение скоростей течения жидкости и газа по сечению канала, особенно по толщине пограничного слоя. Существующие сейчас методы определения скоростей потока или вовсе не позволяют решить данную задачу, если толщина слоя порядка 0,5—2 мм, или очень громоздки и ненадежны [1].

В данной работе для решения подобной задачи использовался оптический доплеровский локатор, применявшийся впервые в [2]. Основное достоинство такого метода в том, что в исследуемый поток не вносятся возмущения, не требуется тарирования и, кроме того, он обладает большим диапазоном измеряемых скоростей ( $10^{-4}$ — $10^3$  м/сек).

Измерение скорости данным методом основано на рассеянии когерентного света от ОКГ на специально вводимых в поток легких частицах. Обычно в поток жидкости вводятся частицы полистирола размером  $\sim 0,5$  мк, при незначительной концентрации 1 : 30 000, поэтому их влиянием на характер течения можно пренебречь. Частота рассеянного света в этом случае отличается от частоты падающего света за счет эффекта Доплера. По разности частот падающего и рассеянного лучей судят о скорости частиц.

Наиболее проста схема оптического доплеровского локатора, использующего два падающих луча [3]. Такая схема позволяет визуально наблюдать точку пересечения двух лучей, т. е. объем, который дает информацию о скорости. Эту схему можно улучшить, если определять разность частот от двух рассеянных лучей, а не разность

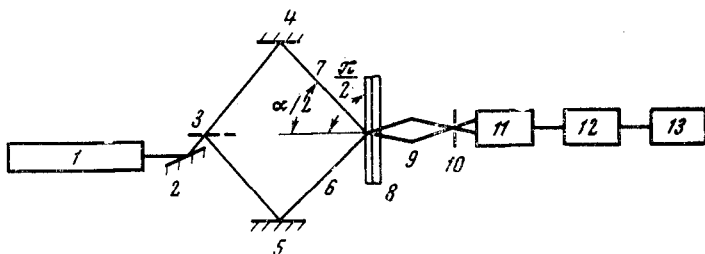


Рис. 1

частот рассеянного луча и прошедшего через поток, как это делается в [3]. В этом случае разность доплеровских частот  $\Delta f_D$  дается следующей формулой:

$$\Delta f_D = \frac{2U}{\lambda_0} \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (1)$$

где  $U$  — скорость потока,  $\lambda_0$  — длина волны излучения ОКГ в вакууме,  $\alpha$  — угол между двумя падающими лучами в вакууме.

При выводе формулы предполагалось, что вектор скорости перпендикулярен биссектрисе угла  $\alpha$ . При такой схеме разность частот не зависит от направления наблюдения, что позволяет выбирать его так, чтобы получить максимальное отношение сигнала к шуму.

До настоящего времени оптический доплеровский локатор применялся для измерения локальных скоростей в потоках, поперечные размеры которых были порядка нескольких сантиметров. При применении оптического доплеровского локатора для измерения распределения скоростей в потоках от 0,5 до 2 мм основной характеристикой является его пространственная разрешающая способность. Ее можно оценить на основании формул преобразования гауссовского пучка излучения ОКГ [4]. Минимальный радиус пучка  $w_2$ , на котором амплитуда электромагнитного поля падает в  $e$  раз, при фокусировании линзой дается формулой

$$w_2^2 = w_1^2 \left[ \left( 1 + \frac{d}{f} \right)^2 + \left( \frac{\pi w_1^2}{\lambda_0 f} \right)^2 \right]^{-1},$$

где  $w_1$  — минимальный радиус падающего на линзу пучка,  $d$  — расстояние от минимального диаметра пучка до линзы;  $f$  — фокусное расстояние линзы.

Минимальный радиус падающего на линзу пучка наиболее просто выражается для ОКГ с резонатором, который состоит из сферического зеркала, радиус кривизны которого  $R$ , и плоского зеркала, отстоящих на расстоянии  $L$  друг от друга. Если излучение ОКГ выходит через плоское зеркало, то минимальный диаметр пучка находится на нем и определяется формулой

$$w_1^2 = \lambda_0 / 2\pi\sqrt{4L(R-L)}. \quad (3)$$

На основании формул (2), (3) можно определить эффективный объем рассеяния. Он представляет собой пересечение двух гауссовских пучков размерами  $2w_2$  под углом  $\alpha$  и имеет наименьшее значение при  $\alpha = 90^\circ$ . Однако при выборе угла  $\alpha$  необходимо иметь в виду, что от него зависит разность частот  $\Delta f_D$ . Поскольку в тонких пленках скорости обычно бывают малы, то необходимо угол  $\alpha$  брать большим, так как частоту биений менее 1 кГц трудно зарегистрировать из-за шумов.

Как видно из формулы (2), при заданном резонаторе ОКГ фокусное расстояние линз необходимо брать минимально возможным, так как тогда пространственное разрешение возрастает. Однако не следует забывать, что при этом положение сфокусированного пучка приближается к линзе. При исследовании течений типа пленки жидкости, имеющей малые размеры только в одном направлении, важно лишь раз-

решение по глубине пленки, которое на основании приведенных оценок может быть порядка микрона.

Описанный выше метод применялся для исследования распределения скоростей в тонкой пленке жидкости.

Принципиальная схема установки показана на рис. 1. Не — Ne ОКГ типа ЛГ-75 1 излучает мощность около 1 мвт. Длина волны  $\lambda_0 = 0,63$  мк. Пучок света ОКГ отражается от поворотного зеркала 2 и падает на делительную пластинку 3, при помощи которой получают два одинаковых по мощности пучка. Дальше пучки света зеркалами 4, 5 направляются к линзам 6, 7 и фокусируются в исследуемой точке 8 потока. Фокусное расстояние линз было 75 мм.

Опененное по приведенным выше формулам пространственное разрешение по глубине пленки составляло 35 мк.

Угол  $\alpha$  в данном опыте равнялся 60°. Рассеянный свет собирался качественным объективом 9 и направлялся на ФЭУ 11, перед которым стояла диафрагма 10 диаметром 75 мк. Для увеличения интенсивности рассеянного света в жидкость добавлялись частицы полистирола размером меньше 1 мк при концентрации 1 : 25 000. Сигнал с ФЭУ поступал через усилитель 12 на спектроанализатор 13.

Исследовалось распределение скоростей при течении пленки смеси глицерина с водой по вертикальной плоскопараллельной стеклянной пластине. Ширина пленки 26 мм. Измерение производилось на расстоянии 50 мм от щелевого инжектора в середине пластины. Стеклянная пластина крепилась на горизонтальном столике, который мог перемещаться навстречу пучкам света. Точность отсчета перемещения составляла 0,002 мм.

На рис. 2 показано распределение скоростей по толщине пленки жидкости. Толщина пленки  $\delta_0 = 0,97$  мм. Максимальная скорость на поверхности  $U_{\max} = 5,0$  см/сек. Толщина пленки измерялась путем визуального наблюдения точки пересечения двух лучей на поверхности пленки и на поверхности стеклянной пластины при перемещении пленки вдоль биссектрисы угла  $\alpha$ . Сплошной линией на рис. 2 показана теоретическая кривая [5], вычисленная по  $U_{\max}$ , измеренной на опыте, для ламинарного течения пленки.

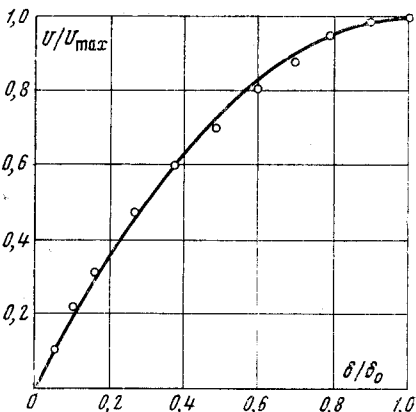


Рис. 2

Московский энергетический институт

Поступило в редакцию 26 II 1969

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. Л. Персон. Ракетная техника и космонавтика, № 2, 192, 1964.
2. Y. Yeh, H. Z. Cummins. Appl. Phys. Lett., 4, 176, 1964.
3. R. J. Goldstein, D. K. Kreid. Trans. ASME, Ser. E, 34, 813, 1967.
4. H. Kogelnik, T. Li. Appl. Optics, 5, 1550, 1966.
5. В. Г. Левин. Физико-химическая гидродинамика. Физматгиз, 1959.

УДК 537.523.5

### ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ В ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ УДАРНОЙ ТРУБЕ

Ю. А. Поляков, А. М. Максимов

Исследование теплообмена в высокотемпературных потоках ионизированного газа связано с диагностикой физических явлений, протекающих на границе плазмы и твердого тела. В настоящее время в связи с интенсивными исследованиями физических процессов в импульсных плазменных установках, а также изучением диссипативных процессов за фронтом ударной волны все большее значение приобретают вопросы, связанные с исследованием теплообмена плазмы со стенками каналов или моделей.

Однако применение для этих исследований ударных труб требует создания регистрирующей аппаратуры с временным разрешением порядка микросекунд. Наряду с практической безынерционностью весьма важно обеспечить приемлемое отношение «сигнал/шум» применяемой аппаратуры при полном отсутствии воздействия датчика на пристеночные процессы в плазме. Применение пленочных термоприемников с тончайшей электрической изоляцией обеспечивает отсутствие гальванического кон-