

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ КРУГЛОЙ СТРУИ В НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ВСТРЕЧНОЙ СТРУИ БОЛЬШЕГО РАЗМЕРА

Х. Н. СУИ

Ю. В. ИВАНОВ,

кандидат технических наук

В настоящем сообщении продолжается рассмотрение экспериментального исследования развития струи в потоке.*

Экспериментальная установка, методика измерения и измерительные приборы, использованные для изучения развития круглой струи во встречном потоке**, были в основном теми же, что и в работе [1]. Для создания встречного потока была дополнительно смонтирована новая аэродинамическая труба такого же диаметра ($D = 700$ мм), направленная навстречу потоку, выходящему из прежней установки (рис. 1). Длина рабочего участка опытной установки, т. е. расстояние между устьями сопла струи и встречного потока, равно 1150 мм. Средние скорости встречного потока равнялись 4,5 и 7,4 м/сек. Для создания струи использовались сопла различных диаметров ($d = 5,0, 10,2, 15,0$ и $20,2$ мм). Опыты производились при следующих отношениях скоростей струи и потока: $\lambda = v_2/v_1 = 2,0, 3,0, 5,07, 7,0, 10,1, 13,0$ и $20,0$. Начало координат было помещено в центр устья сопла струи (рис. 1).

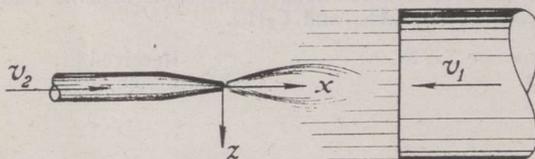


Рис. 1. Схема круглой струи, развивающейся в начальном участке встречной струи большого размера.

Горизонтальное направление по радиусу струи обозначено через z , по оси струи в направлении ее движения через x . Опыты проводились при комнатной температуре струи и потока ($T_2/T_1 = 1$).

Результаты опытов

Обработка экспериментальных данных по затуханию скорости на оси струи производилась в относительных координатах $v_m/v_0, ax/d$.

Как известно, затухание осевых скоростей струй, вытекающих из сопел разных диаметров в неподвижное пространство, а также в спут-

* Начало исследования опубликовано в работе [1].

** Здесь и в дальнейшем под термином «встречный поток» понимается начальный участок встречной струи диаметром 700 мм.

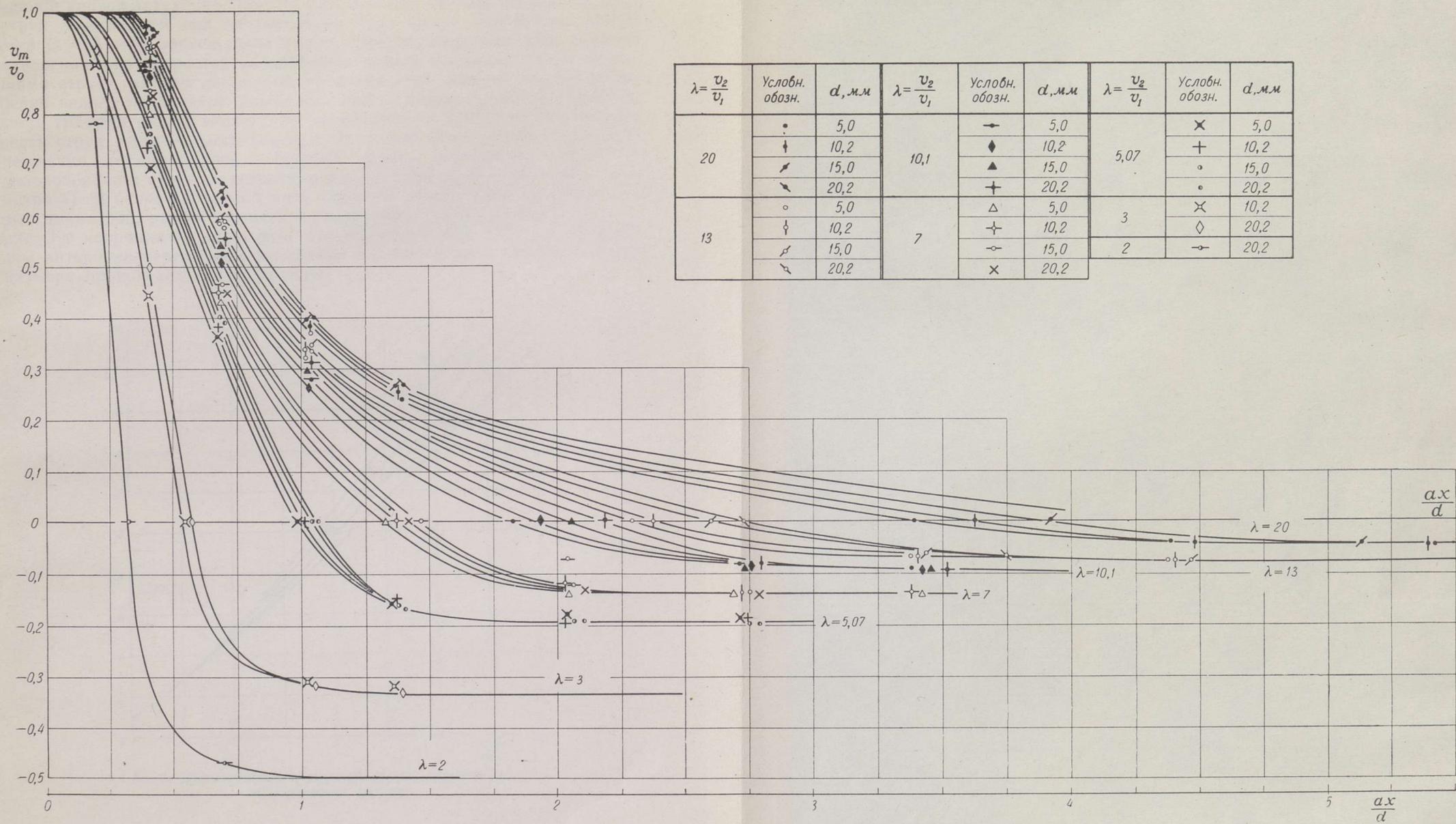


Рис. 2. Затухание осевой скорости круглой струи, развивающейся во встречном потоке.

ный поток, образует в относительных координатах при данном значении λ единую кривую. Обработка экспериментального материала по затуханию осевой скорости струи во встречном потоке показала, что осевые скорости струй, выходящих из сопел разных диаметров, не образуют единой кривой затухания. Так, на рис. 2 видно, что чем больше диаметр струи в устье, тем она дальнобойнее. При малых отношениях скоростей ($\lambda \approx 3 \div 5$) расхождение между кривыми невелико. При увеличении отношения скоростей расхождение между кривыми, соответствующими струям разных диаметров, увеличивается. Это расхождение особенно велико на нулевой линии (на рис. 2 линия $v_m/v_0 = 0$). Верхняя часть графика рис. 2 ($v_m/v_0 > 0$) характеризует затухание осевой скорости струи, нижняя часть ($v_m/v_0 < 0$) — затухание потока. Точка пересечения каждой кривой с нулевой линией соответствует значению дальнобойности струи во встречном потоке (при данном значении параметра λ). В более наглядном виде значения дальнобойности струй разных диаметров, развивающихся во встречном потоке, представлены на рис. 3 в координатах v_2/v_1 , ax/d . Из рисунка видно, что в исследованном интервале переменных изменение дальнобойности струи каждого размера происходит почти линейно.

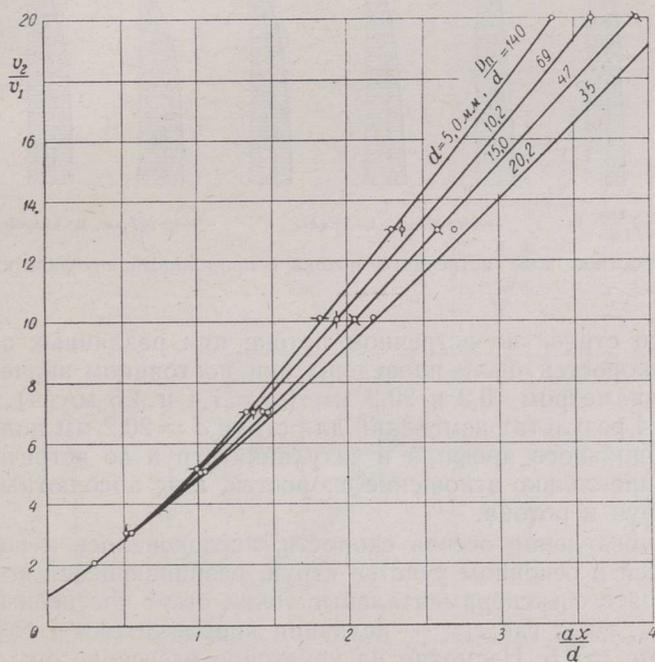


Рис. 3. Дальнобойность круглой струи, развивающейся во встречном потоке.

Влияние диаметра сопла на затухание осевой скорости струи в принятых относительных координатах v_m/v_0 , ax/d значительно затрудняет обобщение полученного опытного материала. Для этого необходимы дополнительные экспериментальные данные, полученные на установке большего начального размера встречного потока с соплами, изменяющимися по размеру устья в более широком интервале значений, чем это имело место в данной работе. Исследованный интервал значений

диаметров сопел (от 5 до 20 мм) при отношениях первоначального диаметра потока D_n к диаметру сопел $d (D_n/d = 35 \div 140)$ еще не позволяет установить влияние этого параметра в более широких пределах на закономерности струи, развивающейся во встречном потоке. Расширить изучаемый диапазон изменения отношения D_n/d на имеющейся установке не представлялось возможным, так как уже при $\lambda = 20$ струя диаметром более 20 мм была для потока данного размера слишком дальнобойна, увеличить же диаметр основного потока на нашей установке оказалось невозможным.

Полученные в этих условиях результаты, следовательно, соответствуют случаю развития струи во встречном потоке в условиях превышения размера потока над размером струи в пределах отношений D_n/d от 35 до 140.

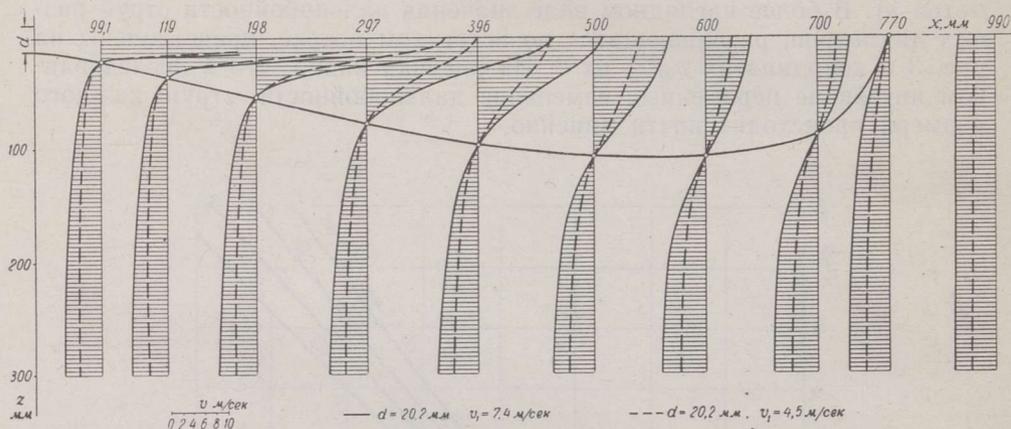


Рис. 4. Скоростное поле встречного потока и продольный профиль круглой струи.

Опыты со струей во встречном потоке при различных абсолютных значениях скоростей были проведены при постоянном значении $\lambda = 13$ с соплами диаметром 10,2 и 20,2 мм ($v_1 = 7,4$ и $4,5$ м/сек). Приведенный на рис. 4 результат измерений для струи $d = 20,2$ мм подтверждает, что для продольного профиля и затухания струи во встречном потоке имеет значение только отношение скоростей, а не абсолютные значения скорости струи и потока.

Кроме определения осевой скорости, исследовалось и подобие скоростных полей в основном участке струи, развивающейся во встречном потоке. Для этого экспериментальные точки были построены в координатах $\Delta v/\Delta v_m$, z/z_{cp} , где z_{cp} — величина координаты z в точке со значением $\Delta v/\Delta v_m = 0,5$. Несмотря на некоторое рассеяние опытных точек, на рис. 5 можно видеть, что скоростные поля, замеренные в разных поперечных сечениях, между собой подобны.

Подобие скоростных полей струи в неподвижном пространстве и в спутном потоке уже раньше было подтверждено другими авторами, и в литературе [2] представлено выражением

$$\frac{\Delta v}{\Delta v_m} = \left[1 - \left(0,44 \frac{z}{z_{cp}} \right)^{3/2} \right]^2 \quad (1)$$

Для исследованного же случая струи во встречном потоке формула (1) не подходит.

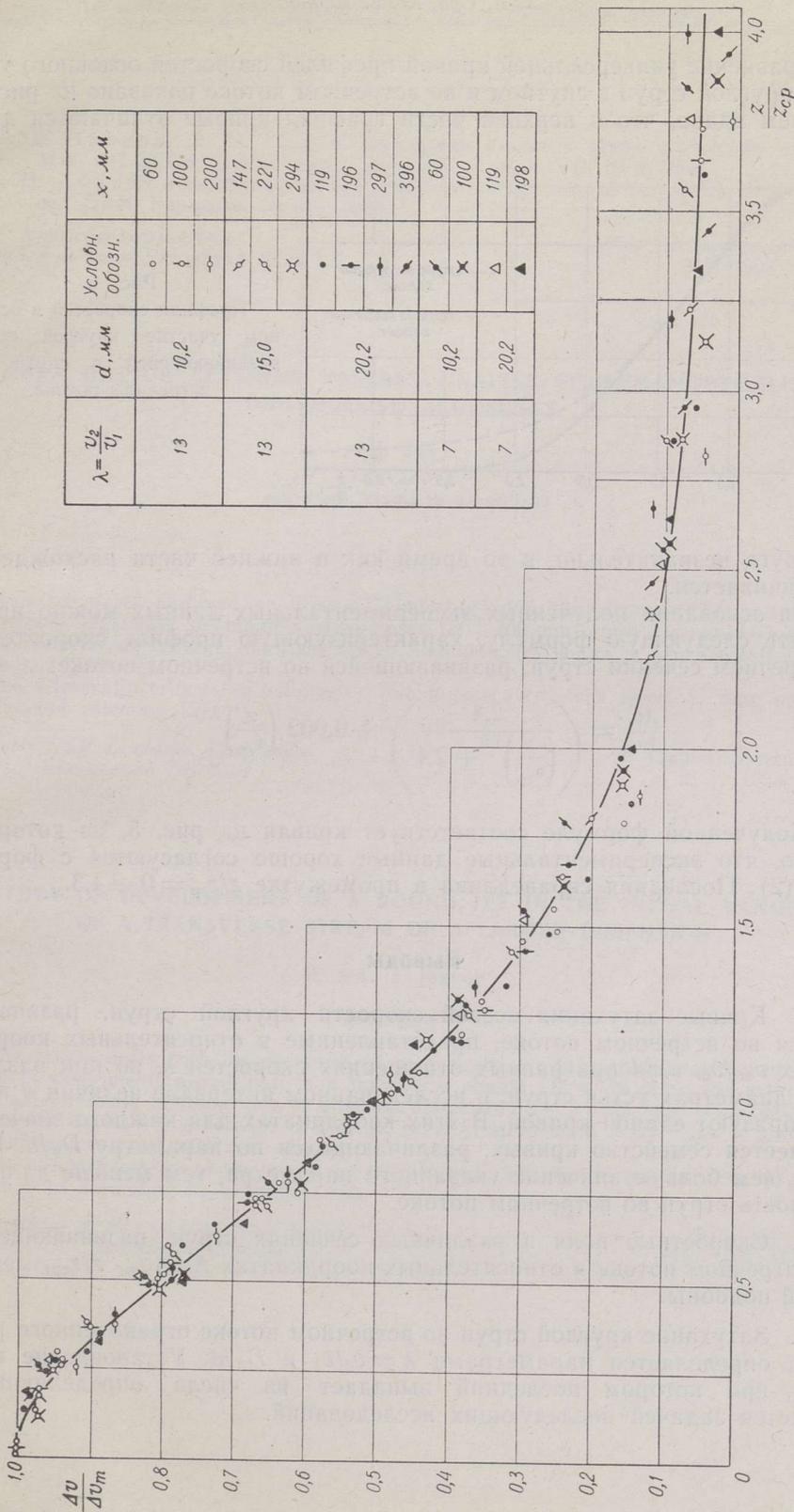


Рис. 5. Профиль скорости в основном участке круглой струи, развивающейся во встречном погоке.

Сравнение универсальной кривой профилей скоростей основного участка круглой струи в спутном и во встречном потоке показано на рис. 6. На нем видно, что в верхней части графика кривые отличаются друг

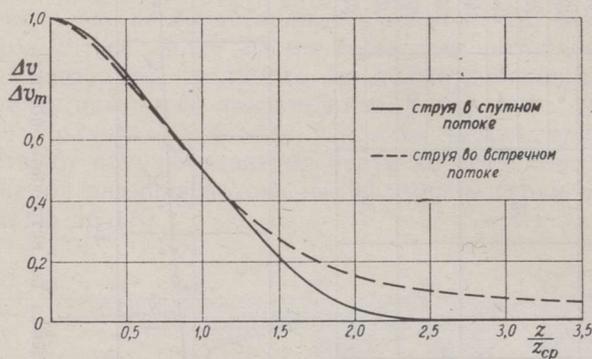


Рис. 6. Профили скоростей в основном участке круглой струи, развивающейся в спутном и встречном потоке.

от друга незначительно, в то время как в нижней части расхождение увеличивается.

На основании полученных экспериментальных данных можно предложить следующую формулу, характеризующую профиль скоростей в поперечном сечении струи, развивающейся во встречном потоке:

$$\frac{\Delta v}{\Delta v_m} = \left(\frac{2,4}{\left(\frac{z}{z_{\text{ср}}} \right)^{1,9} + 2,4} \right)^2 + 0,002 \left(\frac{z}{z_{\text{ср}}} \right)^2 \quad (2)$$

Полученной формуле соответствует кривая на рис. 5, из которого видно, что экспериментальные данные хорошо согласуются с формулой (2). Последняя справедлива в промежутке $z/z_{\text{ср}} = 0 \div 4,3$.

Выводы

1. Кривые затухания осевой скорости круглой струи, развивающейся во встречном потоке, представленные в относительных координатах v_m/v_0 , ax/d при равных отношениях скоростей λ , но при различных диаметрах устья струи, в исследованном интервале величин d и D_n не образуют единой кривой. В этих координатах для каждого значения λ имеется семейство кривых, различающихся по параметру D_n/d . При этом, чем больше значение указанного параметра, тем меньше дальность струи во встречном потоке.

2. Скоростные поля в различных сечениях струи, развивающейся во встречном потоке в относительных координатах $\Delta v/\Delta v_m$, $z/z_{\text{ср}}$, между собой подобны.

3. Затухание круглой струи во встречном потоке ограниченного размера определяется параметрами $\lambda = v_2/v_1$ и D_n/d . Установление предела, при котором последний выпадает из числа определяющих, является задачей последующих исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. В. Иванов, Х. Н. Суй, Исследование развития струи в спутном потоке, Изв. АН ЭССР. Серия техн. и физ.-мат. наук, т. VII, № 2, 1958.
2. Г. Н. Абрамович, Турбулентная струя в потоке жидкости, Труды Института им. П. И. Баранова, № 316, 1958.

Институт энергетики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
2 II 1959

ÜMARA ÕHUJAOA LEVIMINE VASTASSUUNALISE SUUREMAMÖÖTMELISE
ÕHUVUOLUSE ALGUSOSAS

H. Sui
J. Ivanov,
tehniliste teaduste kandidaat

Resümee

Katsetulemused näitavad, et erineva läbimõõduga düüsidest ($d = 5 \div 20$ mm) väljuvate jugade telgkiiruse kustumine vastuvooluses ($D = 700$ mm) sama kiirussuhte λ juures ei moodusta ühtset kõverat, nagu see esineb liikumatu keskkonna ja samasuunalise vooluse puhul (joon. 2).

Joa kiirusvälju erinevates ristlõigetes võib lugeda sarnasteks (joon. 5) ning nad on avaldatavad valemiga (2).

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Energeetika Instituut

Saabus toimetusse
2. II 1959

STUDY OF DEVELOPMENT OF A ROUND JET IN THE INITIAL RANGE
OF A TRANSVERSE STREAM OF A LARGER DIMENSION

H. Sui, J. Ivanov

Summary

The article deals with the development of a round jet in a transverse stream. The results of experiments prove that, in a transverse stream ($D = 700$ mm), the extinction of the axial velocity of round jets of different diameters ($d = 5 \div 20$ mm) with the same speed value λ does not generalize in a single curve (Fig. 2), as it is the case in a stationary environment and with a co-stream.

The velocity ranges of the round jet in different sections are similar (Fig. 5), and they may be expressed by a formula (2).

Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,
Institute of Energetics

Received
Febr. 2nd, 1959