

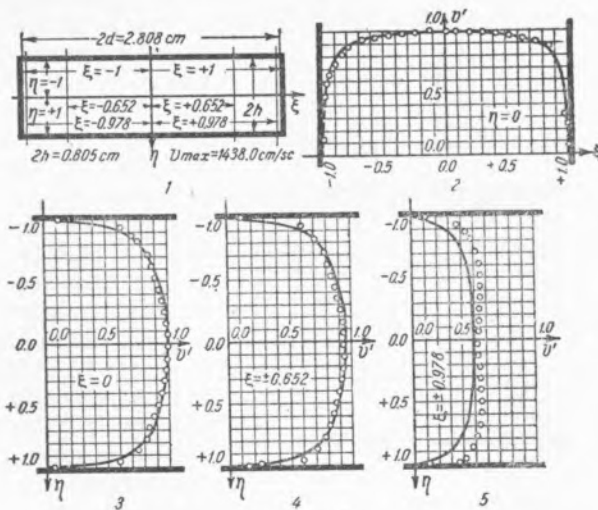
ГИДРОМЕХАНИКА

В. А. ГАВРИЛЕНКО

**СОПОСТАВЛЕНИЯ ОПЫТНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ КРИВЫХ РАС-
ПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ПРИ ТУРБУЛЕНТНОМ РАВНОМЕРНОМ
ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ В ТРУБАХ**

(Представлено академиком Н. Н. Павловским 11 IV 1937)

Основные положения. Предложенные автором настоящей статьи в качестве зависимостей для распределения осредненных скоростей в турбулентных равномерных потоках жидкости основные положения были



Фиг. 1—5

опубликованы ранее (1). Согласно этим положениям распределение осредненных скоростей в поперечном сечении потока выражается, при условии совмещения начала координат с точкой поперечного сечения, обладающей скоростью $v = v_{\max}$, таким общим уравнением:

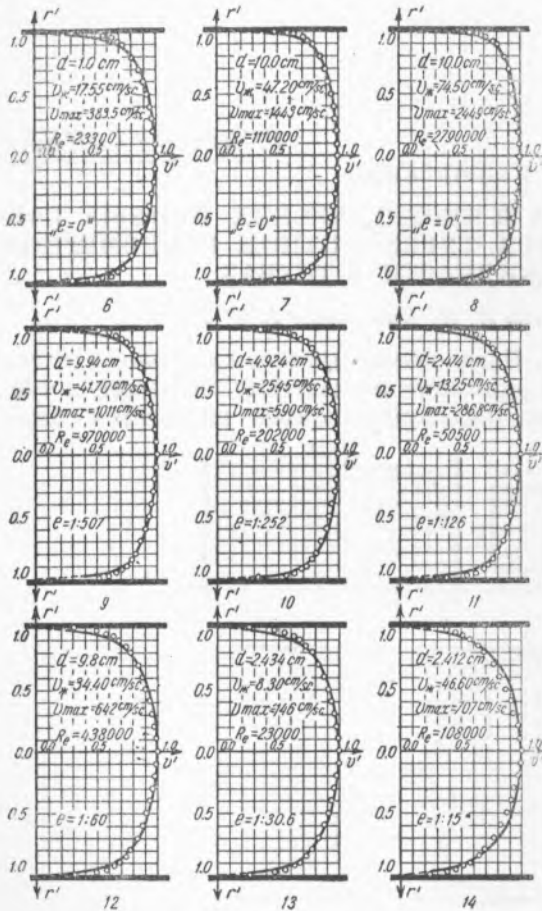
$$v_{x; y} = v_{\max} - k \cdot \theta(x; y),$$

где k —параметр, имеющий размерность скорости и определяемый формулой:

$$k \cong 2.55 \cdot v_* = 2.55 \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = 2.55 \cdot \sqrt{g \cdot R \cdot I};$$

θ —однородная функция нулевого измерения координат x и y , аналитическое выражение которой зависит от формы поперечного сечения потока, τ_0 —касательное напряжение на смоченной поверхности, ρ —плотности жидкости, g —ускорение силы тяжести, R —гидравлический радиус, I —уклон напорной (пьезометрической) линии.

С целью определения того, в какой мере выдвинутые положения и вытекающие из них уравнения отвечают действительному распределению



Фиг. 6—14.

скоростей, были составлены расчетные формулы для случаев круглой и прямоугольной формы поперечного сечения^(1,2), а затем были выполнены сопоставления расчетных и опытных эпюр скоростей для одной прямоугольной, 16 круглых гладких и 41 круглой, шероховатой трубы, причем для этих сопоставлений были использованы данные опытов Nikuradse^(3,4,5).

Поперечное сечение прямоугольной трубы, служившей Nikuradse для опытов⁽³⁾, показано на фиг. 1, там же указано значение v_{max} . В 16 опытах Nikuradse, относящихся к круглым гладким трубам⁽⁴⁾, диаметр труб d изменялся в пределах от 1 до 10 см, осевая скорость v_{max} — от 68.1 до 2766 см/сек., средняя скорость V_m — от 54.5 до 2430 см/сек., уклон напорной (пьезометрической) линии I — от 0.0595 до 2.8157, число Рейнольдса Re — от $4 \cdot 10^3$ до $3240 \cdot 10^3$. В опытах по круглым шероховатым трубам⁽⁵⁾ Nikuradse применял трубы с шестью различными значениями относительной шероховатости e — от 1 : 507 до 1 : 15, диаметр труб d изменялся при этом в пределах от 2.412 до 9.94 см, осевая скорость v_{max} — от 33 до 1373 см/сек., средняя скорость v_m — от 27 до 1427 см/сек., уклон напорной (пьезометрической) линии I — от 0.0009 до 12.2438, число Рейнольдса Re — от $11.3 \cdot 10^3$ до $970 \cdot 10^3$.

Для прямоугольной трубы сопоставление теоретического и опытного распределения скоростей представлено на фиг. 2—5. Результаты сопоставлений, относящихся к 16 гладким (относительная шероховатость $e=0$) круглым трубам, оказались в общем одинаковыми, в связи с чем на фигурах 6—8 приведены сопоставления только для трех из 16 упомянутых опытов. Результаты сопоставлений, относящихся к 41 шероховатой трубе, также оказались в общем однообразными и вполне характеризуются дан-

ными

ными на фиг. 9—14 сопоставлениями для шести опытов—по одному для каждого из шести значений относительной шероховатости ϵ . На всех фигурах (от 2 до 14 включительно) точки, окаймленные кружками, относятся к опытам Nikuradse, теоретическое же распределение скоростей представлено кривыми линиями.

В результате выполненных и частично представленных на фиг. 2—14 сопоставлений можно считать установленным достаточно удовлетворительное соответствие между теоретическим распределением скоростей, получаемым путем расчета по предложенным формулам, и распределением скоростей, которое наблюдается при опытах как в гладких, так и в шероховатых трубах. В отношении незначительных расхождений между опытными и расчетными значениями скоростей, которые имеют место во всех выполненных для круглых труб сопоставлениях, можно предполагать, что они являются либо следствием некоторого побочного фактора, внесенного обстановкой опытов и вызвавшего систематическое небольшое нарушение нормального распределения скоростей, либо следствием влияния некоторых присущих самому турбулентному потоку причин вторичного порядка, которые не учтены основными положениями и выяснение которых может составить одну из задач дальнейших исследований. Что же касается различия в характере опытной и расчетной скоростных эюр в прямоугольной трубе для линии $\xi = -0.978$ (фиг. 5), то автор настоящей статьи предполагает сообщить в ближайшее время некоторые свои соображения, направленные к объяснению и учету вогнутости средней части эюр, расположенных вблизи смоченного периметра.

Всесоюзный научно-исследовательский
институт гидротехники.
Ленинград.

Поступило
11 IV 1937.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. А. Гавриленко, ДАН, II, № 9 (1936). ² В. А. Гавриленко Известия Научно-исследов. ин-та гидротехники, XIX (1936). ³ I. Nikuradse V. D. I., Forschungsheft, 281 (1926). ⁴ I. Nikuradse, V. D. I., Forschungsheft 356 (1932). ⁵ I. Nikuradse, V. D. I., Forschungsheft, 361 (1933).