

В. Т. Парахневич

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ВДОЛЬ ТРАНЗИТНОЙ СТРУИ СБОЙНОГО ТЕЧЕНИЯ

В имеющихся исследованиях достаточно хорошо отражается картина сбойного течения, раскрываются основные причины его возникновения, а также устанавливается граница перехода от растекания к сбойному течению [1—4]. Вопрос количественной оценки скоростной структуры транзитной струи изучен недостаточно. В некоторых работах [3, 4] отмечается лишь качественный характер изменения скоростей вдоль транзитной струи сбойного течения. Сложность явления и небольшое число опытов не позволили пока еще установить закономерности изменения скоростей вдоль транзитной струи. Данная работа посвящается этому вопросу.

Исследования проводились в прямоугольном гидравлическом лотке шириной $B=150$ см и длиной нижнего бьефа $L=750$ см на модели плотины практического профиля высотой $P=35$ см с водосливной гранью, выполненной по координатам Кригера—Офицера для профилирующего напора $H_{пр}=30$ см. Уровни в верхнем и нижнем бьефах фиксировались системой стационарных и одним переносным пьезометрами.

Опыты проводились по схеме внезапного расширения потока при работающем центральном отверстии, ширина которого изменялась в пределах $b=(3,0—30,0)$ см, т. е. относительная ширина бьефов $\beta = \frac{b}{B} = 0,02—0,20$. Скорости в транзитной струе измерялись с помощью

трубки Пито в пяти точках на каждой вертикали, расстояние между вертикалями в поперечном сечении потока составляло 5—10 см. По данным измерений подсчитывались средние скорости по вертикалям, на основании которых были построены плановые эпюры для каждого сечения транзитной струи. Затем рассматривалось изменение максимальной скорости плановой эпюры вдоль транзитной струи, т. е. средней скорости вдоль динамической оси транзитной струи.

Было проведено 42 опыта при $Fr=10—40$ и расходе $Q=(3,0—63,0)$ л/сек. Число Фруда для потока в сжатом сечении на входе в нижний бьеф

$$Fr = \frac{v^2}{gh},$$

где v , h — соответственно скорость и глубина в сжатом сечении.

На основании опытного материала построены зависимости изменения скорости вдоль транзитной струи при различных β в координатах

$\frac{v_x}{v}$ и $\frac{l}{B}$, где v — скорость в сжатом сечении; v_x — средняя скорость на динамической оси транзитной струи для данного сечения; l — расстояние от сжатого до данного сечения; B — ширина нижнего бьефа.

Анализ кривых (рис. 1) позволил установить два характерных участка транзитной струи: формирования и плавного расширения.

Интенсивное гашение скорости на участке формирования транзитной струи объясняется повышенной турбулентностью. Кроме этого, на этом участке происходит отдача значительной части энергии входного потока водоворотным зонам. Незначительное уменьшение скорости на участке плавного расширения транзитной струи обуславливается лишь увеличением размеров струи в плане и по ширине, а также потерями на трение.

Вопрос формирования транзитной струи на начальном участке нижнего бьефа и длины этого участка рассмотрен в работе [5], где получены формулы для средней скорости на динамической оси транзитной струи сбойного течения начального ее участка. В случае подтопленного растекания зависимость имеет вид

$$v_1 = 2,3 \cdot v \cdot \beta^{0,46} \left(\frac{h_1}{h} \right)^{0,3}, \tag{1}$$

а для сбойного сопряжения бьефов

$$v_1 = 1,6 \cdot v \cdot \beta^{0,4} \sqrt{\frac{h}{h_1}}, \tag{2}$$

где v, h — соответственно скорость и глубина потока в сжатом сечении на входе в нижний бьеф; h_1, v_1 — соответственно глубина и средняя по глубине скорость на динамической оси транзитной струи для начального ее участка.

В случае подтопленного растекания длина участка формирования транзитной струи

$$l_\phi = (6 - 10) h,$$

где l_ϕ — расстояние от конца зоны растекания до сечения, в котором определялись v_1 и h_1 .

Длина участка формирования при сбойном сопряжении

$$l'_\phi = (8 - 16) h.$$

Это расстояние от места внезапного расширения русла до сечения, в котором определялись v_1 и h_1 .

Большие значения l_ϕ и l'_ϕ относятся к опытам с большими числами F_r в сжатом сечении потока, а меньшие соответственно при меньших значениях F_r .

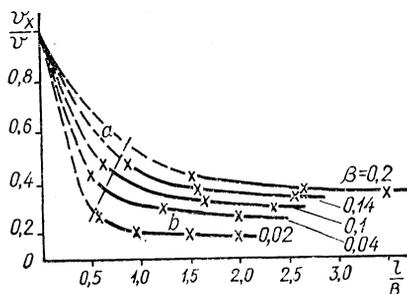


Рис. 1. График изменения относительной скорости вдоль транзитной струи сбойного течения:

a — участок формирования; *b* — плавного расширения.

Остановимся на определении количественной зависимости изменения скорости в транзитной струе на участке ее плавного расширения. В результате статистической обработки опытного материала была получена зависимость

$$v_2 = 1,4 \cdot v_1 \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^{0,04} \left(\frac{B}{l} \right)^{0,38} \beta^{0,21}, \quad (3)$$

где v_1 , h_1 — соответственно средняя скорость и глубина на динамической оси транзитной струи для начального участка плавного расширения; v_2 , h_2 — соответственно средняя скорость и глубина на динамической оси транзитной струи в некотором последующем сечении; l — расстояние между сечениями.

Средняя скорость v_1 может быть определена по зависимостям (1) и (2).

Зависимость (3) дает хорошее совпадение с результатами опытов (рис. 2) по определению средней по вертикали скорости на динамической оси транзитной струи для участка плавного ее расширения.

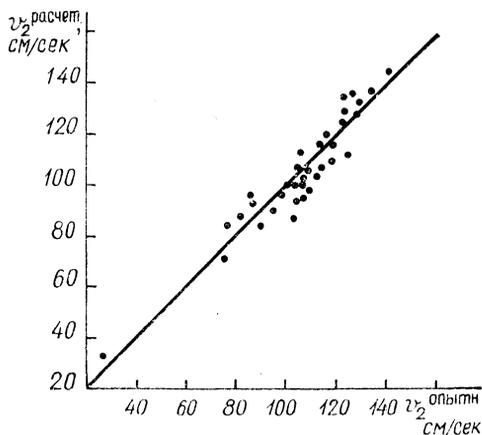


Рис. 2. Сравнение величины скорости v_2 , полученной по формуле (3), с опытными ее значениями.

Выводы

1. Транзитная струя сбойного течения имеет два характерных участка: формирования и плавного расширения.
2. Для определения средней по вертикали скорости на динамической оси транзитной струи рекомендуются зависимости (1), (2), (3).

Литература

1. С. К. Кузнецов. К вопросу о растекании потока в плане и сбойном течении. Новочеркасск. инж.-мелиоративн. ин-та, т. VI, 1958.
2. Н. М. Константинов. Условия существования различных форм движения потока за водопроводными трубами и малыми мостами. Сб. «Труды первой Всесоюзной научно-технической конференции по гидравлике дорожных сооружений». М., 1969.
3. Н. Позвяк. Экспериментальное исследование сбойного течения в прямоугольных руслах. Изв. ин-та гидрологии и гидротехники АН УССР, т. 15 (XXII), 1959.
4. Ф. Г. Гунько. Экспериментальные характеристики основных форм сопряжения бьефов в пространственных условиях при донном режиме течения на гладком водобое. Изв. ВНИИГ, т. 55, 1966.