

тителен и с точки зрения технологии строительства, так как устройство нового быстротока возможно без разборки пришедших в негодность конструкций поврежденного сооружения.

Лоток рекомендуемого быстротока было предложено устраивать на свайном ростверке. Сваи забивались через отверстия, сделанные в бетонном днище разрушенного быстротока. После этого его лоток засыпался грунтом. Трасса нового быстротока идентична трассе разрушенного. Для предотвращения вымыва фильтрационным потоком грунта из-под водосливной плотины и ее водобойного колодца за ними по всей ширине было рекомендовано устройство шпунтовой стенки.

Л и т е р а т у р а

1. Л е в и И.И. Моделирование гидравлических явлений. — Л., 1967, — 233 с. 2. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева. — М., 1972. — 352 с.

УДК 532.525.2

И.В. ПОВОРОТНЫЙ, Д.А. ПРОКОПЧУК,
Д.А. КОЗЛОВ, кандидаты техн. наук (БПИ)

ПРИСТЕННАЯ ТУРБУЛЕНТНАЯ СТРУЯ, ИСТЕКАЮЩАЯ ИЗ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ИСТОЧНИКА

Исследованию закономерностей развития струйных потоков, формируемых осесимметричными насадками, посвящен ряд работ, в которых основное внимание уделено рассмотрению свободной осесимметричной струи [1, 2]. Что касается пристенных струй, то наиболее изученными являются плоские полуограниченные струи [3]. Изучению же пристенных круглых струй посвящены лишь отдельные публикации [4, 5].

В связи с вышесказанным целью настоящей работы явилось исследование гидродинамики пристенных струйных потоков, формируемых осесимметричными источниками. Ставилась задача получения данных при удалениях от источника истечения свыше 100 калибров, поскольку это связано с практическим применением рассматриваемого течения — применением струйных потоков для защиты судов и гидротехнических сооружений от биологического обрастания.

Изучение турбулентных затопленных пристенных струй осуществлялось на специальном гидродинамическом стенде при помощи электрохимического метода измерения полей скорости. Конструкция стенда и сущность метода были описаны авторами в предыдущем выпуске сборника, где рассматривалось влияние параметров насадка на развитие струйных потоков. В качестве струеформирующего устройства использовались конически сходящиеся насадки с выходными диаметрами $d = 1; 2; 3,5$ и $4,5$ мм; углом конусности $\alpha = 14^\circ$ и отношением $l/d = 4$ (l — длина самого насадка), Установка обеспечивала

истечение струй в диапазоне чисел Рейнольдса $Re = \frac{U_0 d}{\nu} = (0,029-1,0) \cdot 10^5$

(U_0 — скорость на выходе из насадка, ν — кинематический коэффициент вязкости жидкости). Начальная интенсивность продольной составляющей пульсационной скорости на выходе из насадков составила 1,25 %.

На рис. 1 представлена схема рассматривавшегося случая истечения с обозначением следующих величин: U_m — максимальная скорость в сечении струи, удаленном от источника на расстояние x ; d — диаметр выходного отверстия насадка; $z_{1/2}$ — полуширина струи в направлении z .

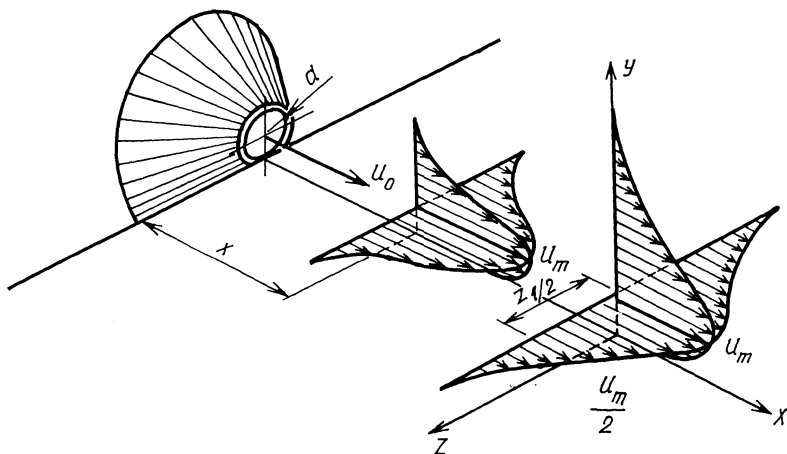


Рис. 1. Схема истечения пристенной струи

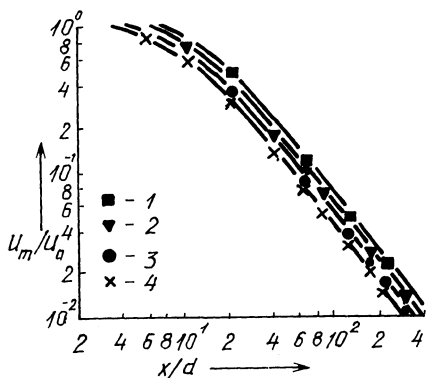


Рис. 2. Влияние числа Рейнольдса на затухание скорости в пристенной струе: 1 — $Re = 12000$; 2 — 33000 ; 3 — 45000 ; 4 — 69000

В ряде работ [1,6], посвященных изучению гидродинамики струйных потоков, отмечается влияние числа Re на параметры самого потока. В соответствии с этими данными авторами были проведены эксперименты (рис. 2) по изучению закономерности затухания максимальной скорости пристенной струи, истекающей при различных числах Re . Исследования проводились при нескольких фиксированных значениях числа Re : 12000 ; 33000 ; 45000 ; 69000 , получаемых путем изменения выходной скорости струи U_0 . В изучаемом диа-

пазоне чисел Re выявлено их влияние на величину начального участка x_H (при $U_m/U_0 = 1$). Так, при увеличении числа Re длина начального участка возрастает. Например, при $Re = 12000$ x_H составляет порядка $3d$, а при $Re = 69000$ $x_H \approx 5d$.

Полученные данные по влиянию числа Re на величину x_H аналогичны данным по влиянию числа Re на величину начального участка свободных осесимметричных струй. Так, в источнике [1] указывается, что это влияние имеет место в диапазоне чисел Re от 10^4 до 10^5 .

Кроме того, из полученных данных следует, что на темп затухания относительной скорости U_m/U_0 число Re влияния не оказывает. Несовпадение же полученных опытных кривых $U_m/U_0 = f(x/d)$ обусловлено изменением длины x_H (при изменении числа Re), на величину которого кривые сдвигаются относительно друг друга.

Все имеющиеся в литературе сведения о закономерности затухания максимальной скорости для различных типов струйных течений ограничены диапазоном исследования на расстоянии порядка 100 калибров. Однако в практическом приложении таких задач необходимы сведения на значительно больших удалениях — до 1000 калибров и выше.

Трудности лабораторных исследований заключались в выборе таких габаритов экспериментальных установок, которые бы не влияли на закономерности развития струй во всех плоскостях. В этой связи с целью получения необходимых данных было проведено моделирование по числу Re процесса развития пристенной струи в рамках имеющегося лабораторного стенда ($L \times B = 2000 \times 1300$ мм). В качестве модельных использовались насадки меньшего по сравнению с натурными выходного диаметра при соблюдении полного подобия геометрической конфигурации.

В результате авторами были получены данные о закономерности затухания максимальной скорости пристенных струй, истекающих из конически сходящихся насадков четырех различных диаметров при фиксированном значении числа Re на удалении до $1300x/d$. Хорошее согласование опытных данных свидетельствует о правомерности установления связи между характеристиками течения и числом Рейнольдса в турбулентных пристенных струях, формируемых осесимметричным источником.

На основании результатов была получена зависимость затухания максимальной скорости основного участка пристенной струи:

$$U_m/U_0 = K(x/d)^{-1,33}. \quad (1)$$

Коэффициент K оказался линейно зависимым от значения числа Re :

$$K = \frac{0,123 Re}{10^3} + 16,5, \quad (2)$$

С учетом (2) формула (1) примет вид

$$U_m/U_0 = \left(16,5 + \frac{0,123 Re}{10^3} \right) (x/d)^{-1,33}. \quad (3)$$

Используя полученную формулу (3), можно рассчитать максимальную скорость на основном участке пристенных струй, истекающих из осесиммет-

ричных насадков при $Re = (10^4 - 10^5)$ в диапазоне $x = (20 - 1300)d$. Расхождение опытных данных со значениями, подсчитанными на основании выведенной зависимости, не превышает 3–5 %.

При исследовании гидродинамики струйных потоков важным вопросом остается выявление закономерности расширения струи. С этой целью были изучены профили скорости в полученных сечениях струи на различном удалении x/d от источника. Обработка эпюр скорости, полученных в результате экспериментов, позволяет определить в каждом фиксированном сечении значение полуширины струи $z_{1/2}$, т.е. значение координаты, где скорость равна 1/2 максимальной для указанного сечения. На основании этих данных может быть построен график изменения полуширины струи $z_{1/2} = f(x/d)$.

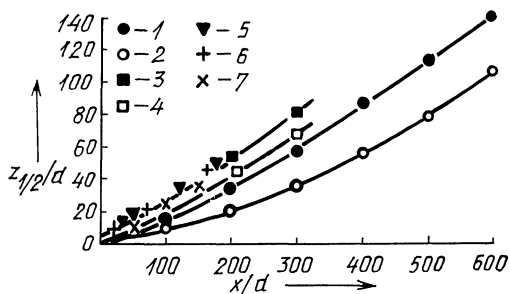


Рис. 3. Изменение полуширины струй, формируемых осесимметричными насадками различного выходного диаметра:

$d = 1$ мм: 1 – $Re = 33000$; 2 – $Re = 5200$; $d = 2$ мм: 3 – $Re = 33000$; 4 – $Re = 5200$; $d = 3,5$ мм: 5 – $Re = 33000$; $d = 4,5$ мм: 6 – $Re = 33000$; 7 – $Re = 5200$

На рис. 3 представлены экспериментальные данные изменения полуширины пристенной струи, истекающей из осесимметричных насадков четырех различных выходных диаметров при $Re = 33000$. Кроме того, для насадков диаметром 1; 2 и 4,5 мм приведены данные по $z_{1/2}$ при $Re = 5200$. Как следует из графика, для всех насадков характерна одинаковая тенденция нарастания полуширины струи. Исключение составляет насадок с выходным $d = 1$ мм, который характеризуется меньшим темпом роста полуширины струи. Приведенные данные позволяют также судить о нелинейности границ струйного потока.

Интересным вопросом является влияние числа Re на закономерность расширения развивающейся струи. В некоторых работах, связанных с исследованием плоских пристенных струйных течений [6], имеются сведения о влиянии числа Re на полуширину струи. С целью выяснения этого вопроса для пристенной круглой струи были проведены эксперименты по определению значения полуширины струи при изменении числа Re в широком диапазоне.

Из полученных результатов следует, что во всех рассмотренных случаях наблюдается влияние числа Re на $z_{1/2}$, которая возрастает с его увеличением. Особенно это ощутимо при $Re < 10^4$. При $Re > 10^4$ значения $z_{1/2}$ в фиксированном сечении для каждого конкретного насадка находятся в ограниченном интервале.

Таким образом, в работе выявлена взаимосвязь между характеристиками струйного течения и числом Re в пристенных турбулентных затопленных струях, истекающих из осесимметричного насадка. Получена эмпирическая зависимость затухания максимальной скорости в такого типа течениях.

Данные по нарастанию полуширины струйного потока также свидетельствуют о правомочности этой взаимосвязи, поскольку в относительных координатах $z_{1/2}/d = f(x/d)$ темп нарастания полуширины при фиксированном числе Re оказывается одинаковым для пристенных круглых струй. Отличие же полуширины струи, истекающей из насадка диаметром 1 мм, требует дальнейшего изучения и объясняется, по-видимому, различием в масштабе течения, связанным с образованием вихревых течений у границ струйного потока. Получены также данные о влиянии числа Re на закономерность затухания максимальной скорости и полуширины струи.

Результаты эксперимента были использованы при расчете и конструировании элементов системы защиты от биологического обрастания судов и сооружений.

Л и т е р а т у р а

1. Теория турбулентных струй / Под ред. Г.Н. Абрамовича. — М., 1985. — 717 с.
2. Ш е ц Дж. Турбулентное течение. Процессы вдува и перемешивания. — М., 1984. — 247 с.
3. L a u n d e r В.Е., R o d i W. The turbulent wall jets // Prog. Aerospace Sci, 1981. — Vol. 19. — P. 81—128.
4. H o f e r K. Turbulente Wandstrahlen mit Auftrieb Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau // Hydrologie und Glaziologie. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 1979. — Nr. 42.
5. R a j a r a t n a m N. and P a n i B.S. Three-dimensional turbulent wall jets. ASCE // J. Hydraulics. — Div., HY1, 69, 1974.
6. П а в л о в с к и й В.А. Экспериментальное исследование затопленной плоской струи // Тр. ЛКИ. — Л., 1981. — С. 69—79.

УДК 628.112.4

В.В. ИВАШЕЧКИН,
Г.К. ДОБРЯН (БПИ)

РАСЧЕТ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ ОЧИСТКЕ ФИЛЬТРОВ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Газодинамический способ очистки фильтров водозаборных скважин основан на использовании энергии, выделяющейся при быстром химическом превращении различных газовых смесей в полости фильтра.

При использовании водорода в качестве источника энергии [1] в полости очищаемого фильтра генерируются значительные по амплитуде и продолжительности возмущения давления, которые вызывают растягивающие радиальные напряжения, приводящие к разрушению кольматирующих отложений.

Быстрое химическое превращение генерируют непосредственно в зоне обрабатываемого фильтра в рабочей камере скважинного погружного устройства. Камера представляет собой открытый снизу цилиндр, к которому в нижней части на определенном расстоянии жестко крепится пакер. Скважинное устройство перемещают вдоль фильтра и производят его поинтервальную декольматацию.