

$$q_{slt} = \frac{1,8K_{slt}B_{bl}H_{bl}L_{bl}U_0}{K_{dis}h_{ti}} \quad (6)$$

Формулу (6) предлагается включить в СНиП 2.04.03-85 взамен приведенной в п. 6.62 СНиП формулы (35), которая является неверной.

При проектировании первичных отстойников расчетная гидравлическая крупность U_0 определяется по формуле (30) [1].

При проектировании вторичных отстойников предельную гидравлическую крупность осаждаемых частиц для заданной величины выноса желательно определять опытным путем, поскольку седиментационные характеристики активного ила могут быть различными в зависимости от состава сточных вод, режима протекания процессов очистки в аэротенке и др.

Для определения гидравлической крупности частиц активного ила при очистке городских сточных вод могут быть использованы данные, приведенные в [2]. Согласно графику (см. рис. 1), приведенному в указанной работе, при обычно допускаемом выносе из вторичных отстойников 10—15 мг/л расчетная гидравлическая крупность U_0 в формуле (6) составляет соответственно 0,7 — 0,9 мм/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР. — М., 1986.
2. Калицун В.И., Николаева В.Н., Омарова М.А. Расчет и конструирование радиальных отстойников с тонкослойными полочными блоками: Экспресс-информация / ВНИИИС Госстрой СССР. Сер. 9. — 1984. — Вып. 8. — С. 13—19.

УДК 532.522:532.135

В.В.КУЛЕБЯКИН, А.В.КАРПЕЧЕНКО, В.В.ВЕРЕМЕНЮК

ОСОБЕННОСТИ ЗАТОПЛЕННЫХ СТРУЙ ПОЛИМЕРНЫХ РАСТВОРОВ И ГЛИНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ

В практической гидротехнике встречаются случаи истечения через водоспускные отверстия затопленных струй аномально-вязких жидкостей. Так, пропуск паводковых расходов признано целесообразным осуществлять с использованием добавок, снижающих гидродинамическое сопротивление, — водорастворимых полимеров. В период снеготаяния при опорожнении водохранилищ жидкость, как известно, содержит большое количество мелкодисперсных неорганических частиц и зачастую характеризуется всем комп-

лексом признаков вязкопластичной среды. Целью настоящей работы было изучение турбулентных затопленных струй полимерных растворов полиэтиленоксида WSR-301 (ПЭО), полиакриламида *Separan AP273* (ПАА) и суспензии бентонита.

Специфика исследуемых сред заставила проводить эксперименты на двух установках: в первом случае движение побуждалось гравитацией, а в другом — центробежным насосом. Использование зондового датчика в виде комбинации трубки полного напора (Пито) с вмонтированным пьезодатчиком позволило определить поля скоростей. Такая конструкция впервые использована Уэллсом [1]. Интенсивность турбулентности, как вытекает из анализа уравнения движения идеальной жидкости, связана с пульсациями давления P' выражением

$$\frac{U'}{U} = \frac{P'}{\rho U^2} ,$$

где U' — продольная компонента пульсационной скорости; U — среднее значение скорости; ρ — плотность.

Опыт измерения параметров движения потоков с примесями свидетельствует о занижении показаний трубок Пито из-за блокировки их приемных отверстий [2]. Измерители подобного типа нельзя применять без предварительной тарировки. Она осуществлялась при помещении датчика в начальный участок затопленной полимерной струи. Истинное значение скоростного напора определялось из выражения

$$P_0 = P_{\text{изм}} / (1 - K) ,$$

где $K = P_0 - P_{\text{изм}} / P_0$ — коэффициент, зависящий от скорости истечения и свойств среды.

Использование трубок полного напора в классическом варианте в ярко выраженных аномальных средах типа глинистых суспензий невозможно уже по причине наличия предельного напряжения сдвига, поэтому пришлось изменить методику измерений. Основная задача — устранение попадания аномальной жидкости в приемное отверстие — решалась следующим образом. При перекрытом приемном отверстии пьезометрический столб предварительно заполнялся дисперсионной средой (водой) выше ожидаемой отметки отсчета. В установившемся режиме течения после открытия указанного отверстия происходило опускание уровня в пьезометре до уравновешивания с полным напором набегающего потока. Последующее перемещение зонда осуществлялось только в направлении уменьшения скоростного напора — при удалении от оси движения либо от источника струи. Тогда вытекание воды из пьезометра через приемное отверстие исключало блокировку непосредственно воспринимающего воздействие потока элемента. Уменьшавшаяся в ходе опытов концентрация дисперсной фазы после ряда отсчетов восстанавливалась дополнительным введением глины.

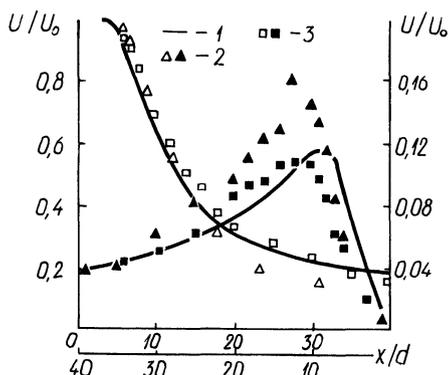
Электродиффузионная анемометрия удобна прежде всего благодаря высокой информативности, а также имеющемуся опыту ее применения в полимерных и глинистых растворах [3, 4]. В зависимости от конструктивного исполнения, заделки и расположения датчиков этим методом удается измерять осредненные и флуктуационные значения массообмена, скорости и трения. Клиновидный зонд с отнесенным от кромки платиновым микроэлектродом размером 50×150 мкм в настоящей работе использовался для определения полей скоростей в затопленных струях глинистой суспензии. Тарировка в потенциальном ядре показала несколько заниженную чувствительность анемометра в сравнении с классическими жидкостями. Величина регистрируемого диффузионного тока i связана со скоростью: $i \sim U^n$ при $n = 0,37$ (для воды показатель степени обычно приближается к 0,5). Интенсивность турбулентности находилась по измеренным среднеквадратичным значениям пульсаций напряжения V' , снимаемого с нагрузки 1 кОм из соотношения

$$\frac{U'}{U} = \frac{1}{n} \cdot \frac{V'}{1000i}$$

Результаты измерений локальной скорости и продольной составляющей ее флуктуаций представлены на рис. 1. Ввод полиоксэтилена сопровождался повышением дальности до $x/d \sim 12$ (x — продольная координата, d — выходной диаметр сопла) и заметным обратным эффектом при больших удалениях. Судя по измерениям продольной составляющей пульсационной скорости об-

Рис. 1. Осевые распределения средней (значки слева) и продольной составляющей пульсационной (значки справа) скоростей и в затопленной полимерной струе. Измерения трубкой полного напора со встроенным пьезодатчиком:

1 — вода; 2 — ПЭО WSR-301 C = 0,01 % вес.; 3 — ПАА Separan AP 273 C = 0,01 % вес. $U_0 = 4,8$ м/с, $d = 3$ мм.



ласть потенциального ядра вырождается позже из-за подавления их на начальном участке. Более резкое, чем для воды, падение средней скорости после 12 калибров — следствие существенного увеличения осевой компоненты флуктуаций. Отчетливое смещение максимума интенсивности турбулентности свидетельствует, что участок движения потока сравнительно компактной массой сохраняется дольше. Аналогичны результаты [5], где изучено влияние близких

по концентрации и тождественных по составу добавок на поля скоростей вдоль оси затопленной струи. Что касается полиакриламида, его ввод в поток способствовал сохранению повышенных значений средней скорости по сравнению с водой до $x/d \sim 25$ за счет еще более заметного подавления пульсаций на начальном участке. Отметим, что непосредственно на выходе из сопла интенсивность турбулентности полимерных струй выше соответствующих значений для воды.

Неоднозначная роль добавок, снижающих гидродинамическое сопротивление, подтверждается измерениями профилей скоростей. Распределение для полимерных струй принимает более четко выраженный пиковый вид за счет сохранения начальной скорости истечения до пяти калибров; уменьшается толщина слоя смешения. Для полностью развитой струи ($x/d = 30$) характерна обратная картина — уменьшение средней и рост продольной составляющей пульсационной скорости практически во всей области движения. Профиль интенсивности турбулентности поперек потенциального ядра имеет минимум на оси и максимум, соответствующий наибольшей скорости сдвига. По мере развития течения экстремумы вырождаются, что связано, во-первых, с исчезновением потенциального ядра и, во-вторых, со сглаживанием профилей локальной скорости. Пульсации на небольших удалениях приурочены главным образом к слою смешения и обусловлены регулярным вихреобразованием в нем. Перечисленные отличия можно в полной мере отнести к растворам полиакриламида с той разницей, что повышенная дальнобойность сохраняется значительно дольше.

Поперечные распределения скоростей позволили оценить вклад полимерных добавок в процессы массопереноса. Расход жидкости в сечении определялся из выражения

$$Q = 2\pi \int_0^R U^2 r dr,$$

где r — поперечная координата. При этом контролировалось постоянство количества движения путем сравнения с начальным импульсом струи, посчитанным по секундной массе при допущении ступенчатого профиля скорости истечения U_0 :

$$I_0 = \rho \frac{\pi d^2}{4} U_0^2.$$

Легко видеть, что полимерные добавки заметно ограничивают вовлечение окружающих молей в движение за счет подавления поперечных флуктуаций и уменьшения толщины слоя смешения (рис. 2, Q_0 — расход на выходе из сопла).

Как отмечалось, полимеры дестабилизируют поток непосредственно за струеформирующим устройством. Учитывая, что глинистые растворы — микронеднородные среды, в них также следовало ожидать ранней турбулизации, поскольку концентрация приме-

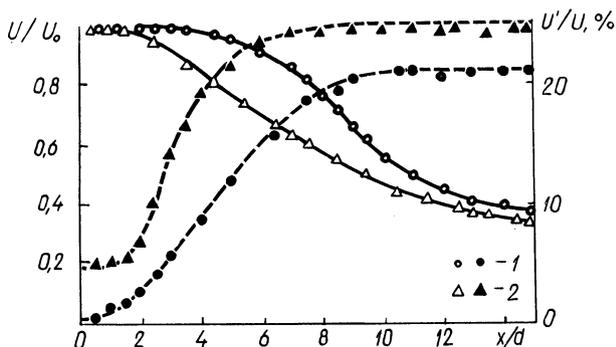
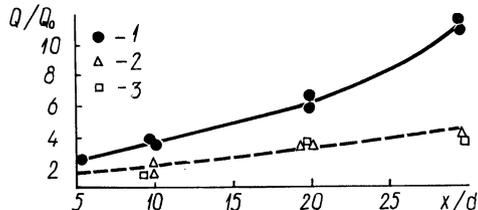


Рис. 2. Влияние полимерных добавок на эжекционную способность затопленной струи: 1 – вода; 2 – ПЭО WSR-301 $C = 0,01$ % вес.; 3 – ПАА Separan AP 273 $C = 0,01$ % вес. $U_0 = 4,8$ м/с, $d = 3$ мм.

Рис. 3. Изменение средней (значки слева) и продольной составляющей пульсационной (значки справа) скоростей вдоль оси затопленной струи. Измерения электрохимическим анемометром:

1 – вода; 2 – суспензия сарыгульского бентонита $C = 4$ % вес. $U_0 = 3,4$ м/с, $d = 4$ мм



си в таких случаях выше на несколько порядков, что и подтвердилось на практике (рис. 3).

Прежде всего отметим очевидное сокращение потенциального ядра до полутора калибров и заметно более высокий темп затухания осевой скорости, чем на воде. В пределах основного участка струи он удовлетворительно описывается законом $-0,786$ в двойных логарифмических координатах. Такое поведение становится понятным, если обратиться к изменению интенсивности турбулентности вдоль оси струи. Пульсации продольной компоненты скорости во всей области движения значительно выше, нежели для воды, причем если для полностью развитой струи отличие в среднем составляет ~ 20 %, то на начальном участке оно многократное. В пределах потенциального ядра сохраняется постоянство интенсивности флуктуаций, равно как после $x/d \sim 6$ (для сравнения на воде – после восьми калибров), а переход с одной площадки на другую более выражен. Учитывая, что распределения пульсаций давления при натекании струи глинистой суспензии на преграду принимают форму, близкую к автотомодельной уже на удалениях порядка пяти калибров [6], становится понятным, что течение в этом случае развивается быстрее, чем для обычной жидкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wells G.S., Harkness J., Meyer W.A. AIAA, N 2, 1967. 2. К а л а ш н и к о в В.Н., К у д и н А.М. Об аномальных показаниях трубки Пито в неоднородных жидкостях. — М., 1971. — 17 с. 3. С о б о л е в с к и й А.С. Тарировка электрохимического анемометра в разбавленных полимерных растворах // Реофизика. — Мн., 1977. — С. 31. 4. Г р о з б е р г Ю.Г. Реодинамические характеристики и структура турбулентного течения глинистых суспензий: Дис. ... канд. техн. наук. — М., 1987. — 180 с. 5. Ш у л ь м а н З.П., П о к р ы в а й л о Н.А., К о в а л е в с к а я Н.Д., К у л е б я к и н В.В. Об измерении структуры турбулентного течения затопленных струй полимерных растворов // ИФЖ. — 1973. — № 6. — С. 977—986. 6. П о к р ы в а й л о Н.А., К у л е б я к и н В.В., К а р п е ч е н к о А.В., Б у х м а н Ю.А., А г о ш а ш в и л и Б.Т., Л и т в и н о в А.И. Взаимодействие турбулентных затопленных струй глинистых суспензий с твердой поверхностью // Реофизика полимерных и дисперсных жидкостей. — Мн., 1986. — С. 111—118.

УДК 628.543.2(088.8)

Э.П. ШПАКОВСКИЙ, А.Н. ЛАБУС

ПЕСКОЛОВКА

В соответствии с требованиями строительных норм и правил песколовки должны рассчитываться на задержание песка гидравлической крупностью в пределах 18,7—24,2 мм/с [1]. Повышение эффекта очистки, т. е. уменьшение гидравлической крупности задерживаемых примесей менее 18,7 мм/с, для песколовки является не улучшением, а нарушением ее работы, так как при этом вместе с песком выпадают и органические примеси, приводящие к загниванию осадка.

Также недопустимо проектирование песколовки на задержание примесей гидравлической крупностью более 24,4 мм/с, так как при этом из песколовки будет выноситься с водой повышенное количество песка, что приводит к слеживанию осадка в первичных отстойниках и метантенках и, как следствие, к нарушениям их работы.

Таким образом, предел 18,7—24,2 мм/с, установленный на основании многолетнего опыта эксплуатации песколовки, исходя из условий максимально возможного задержания песка и в то же время незагниваемости осадка, является оптимальным для песколовки и должен выдерживаться как при минимальном, так и при максимальном притоке сточных вод. Известно, что гидравлическая крупность задерживаемых в песколовке примесей определяется по формуле [2]

$$U \sim vH/L, \quad (1)$$