

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. НиТУ 123-55 Нормы и технические условия проектирования бетонных и железобетонных конструкций, Госстройиздат, М. 1955.
2. СНиП II В.1-62 Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования, Часть II, раздел В, Глава I. Госстройиздат, М. 1962.
3. СНиП II-21-75 Нормы проектирования. Бетонные и железобетонные конструкции. Стройиздат, М. 1976.
4. СНиП 2.03.01-84\* Бетонные и железобетонные конструкции. Стройиздат, М. 1996.
5. СП 52-101 03 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. Госстрой России, Москва 2003 г.
6. М.С. Боришанский Расчет железобетонных элементов при действии поперечных сил. Сб. Расчет и конструирование элементов железобетонных конструкций. Стройиздат, М., 1964 г.
7. С.А Тихомиров. О чем говорит формула М.С. Боришанского. Сб. "Инженерные конструкции". Доклады к XXIV научной конференции ЛИСИ. Л. 1966.
8. К.В. Сахновский Железобетонные конструкции. Госстройиздат. М. 1959.
9. Р. Залигер Железобетон. Его расчет и проектирование. Государственное научно-техническое издательство (ГНТИ), М.-Л., 1931 г.
10. Р.О. Красновский Резервы экономии арматуры при расчете железобетонных балок на поперечную силу.
11. Р.О. Красновский Экспериментальное исследование работы керамзитожелезобетонных балок на действие поперечной силы. Кандидатская диссертация, МАДИ, Москва. 1963.

## УДК 628.2

## К РАСЧЕТУ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОТСТОЙНИКОВ

*Е.П.Кудрявцев, к.т.н., доц., А.П.Зайцева, студ., Е.А.Радченко, студ.  
Т.А.Филимонова, студ.*

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,  
Днепропетровск*

Впервые горизонтальные отстойники начали широко применяться на мелиоративных системах для предотвращения заиливания мелиоративных каналов песчаными речными наносами. Для этого вначале каналов сооружали выемку определенных размеров, где и осаждались песчаные частицы. Тогда же была создана так называемая «элементарная теория расчета горизонтальных отстойников», расчетное уравнение которой было получено в результате равенства времени оседания расчетной твердой частицы на глубину осветленного слоя отстойника и прохождения этой твердой частицей всей длины камеры отстойника за счет постоянной продольной скорости. В результате требуемая длина отстойника равнялась:

$$L_{om} = \frac{V \cdot h}{\omega}, \quad (1)$$

где:  $V$  - продольная скорость в камере отстойника;  
 $h$  - глубина осветления слоя;  
 $\omega$  - гидравлическая крупность мелкой твердой расчетной частицы, т.е. скорость ее падения в спокойной воде.

Когда дело касалось осаждения песчаных частиц, то определение гидравлической крупности особых осложнений не вызывало, т.к. песчаные частицы имеют форму, приближающуюся к шару относительно большого диаметра. В этом случае имеется и теоретическое решение (формула Стокса) и экспериментальное путем наблюдения за оседающей частицей. Поэтому расчет горизонтальных отстойников по этой формуле давал вполне удовлетворительные результаты. Когда же эту формулу стали применять для расчета отстойников для производственных сточных вод, то эффект их осветления резко ухудшился. Одной из причин этого является отличие формы и размеров твердых частиц в сточных водах. Дело в том, что сточные воды угольной и металлургической промышленности насыщены частицами сопутствующей породы, состоящей из мельчайших глинистых частиц, резко отличающихся по форме и размерам от песчаных. Поэтому и их гидравлическая крупность характеризуется значительно меньшей скоростью падения, а ее экспериментальное определение значительно затруднено. Другой существенной причиной является наличие значительного перераспределения продольных скоростей по длине отстойника, которое расчетной формулой не учитывается.

Для снижения влияния первой из рассматриваемых причин, в данной работе предлагается перейти от определения гидравлической крупности для конкретных сточных вод к необходимому времени их осветления. А это можно сделать исследуя кинетику осаждения взвесей в вертикальных цилиндрах, имеющих по высоте краны отбора проб сточной воды через различное время отстаивания. Так, между прочим, поступали в институте ПермьНИУи еще в 80-х годах прошлого столетия. Определяя мутности сточных вод по отобраным пробам при различном времени отстаивания, можно построить графики  $P=f(h)$ , характеризующие зависимость содержания взвесей по высоте цилиндров, т.е. по глубине воды в отстойниках. Эта зависимость выражается семейством прямых, располагающихся под углом к поверхности воды. При малом времени отстаивания имеют место острые углы, которые по мере отстаивания увеличиваются и в конечном счете достигают  $90^0$ . Это говорит о том, что время отстаивания практически закончилось, а количество взвешенных веществ более не уменьшается. Это время и принимается за расчетное –  $t$ . Тогда вышеуказанную расчетную формулу можно представить в виде:

$$L_{om} = V \cdot t \quad (2)$$

Продольная скорость в отстойнике, которая в вышеуказанных формулах принята постоянной, на самом деле изменяется по длине отстойника. В связи с

этим предлагается всю длину отстойника условно разделить на три части: входную -  $L_{вх}$ , камеру отстойника -  $L_k$  и выходную часть -  $L_{вых}$ .

Камера отстойника предназначена для осветления сточных вод и ее длина находится по (2), при постоянной продольной скорости, которая назначается в пределах от 0,2 см/с до 1,0 см/с. По всей длине камеры отстойника распределение продольных скоростей по глубине осветляемого слоя должна описываться эпюрой равномерного движения при турбулентном режиме.

Длина входной части будет заключаться между передней стенкой отстойника, в верхней части которой осуществляется поступление сточных вод через боковой водослив, и того сечения по длине, в котором уже будет иметь место равномерное движение.

Выходная часть заключена между задней стенкой отстойника, через которую в верхней ее части осуществляется сброс осветленной сточной воды (через прямой водослив) и тем конечным сечением камеры, где еще имеет место равномерное движение.

Таким образом, входную часть горизонтального отстойника расчетные мелкие частицы проходят транзитом за счет повышенных продольных скоростей. Выходная же часть назначается таким образом, чтобы достигшая дна мелкая твердая частица в конце камеры, уже не могла бы захватываться потоком в районе задней стенки отстойника за счет увеличивающихся скоростей.

При малом содержании в сточных водах взвешенных частиц, которые имеют место в угольной и частично в металлургической промышленности, имеется малая вероятность того, что взвеси могут существенно изменить структуру потока в горизонтальном отстойнике. Поэтому длины входной и выходной частей можно определить путем моделирования их работы в гидравлическом лотке.

В данной работе для этой цели использовался стеклянный гидравлический лоток шириной 0,25 м и длиной 8 м.

Расходы подбирались таким образом, чтобы средние скорости составляли 0,05 – 2,00 см/с.

Измерение скоростей проводилось термодатчиками с приемной головкой размером 1 мм. Усиление сигналов от датчиков осуществлялось усилителем ТА-5, а фиксация скорости – на осциллографе Н-700.

Процесс исследования заключался в том, что на модели горизонтального отстойника в гидравлическом лотке находились такие сечения за входной и перед выходной частями отстойника, в которых имело бы место распределение продольных скоростей по глубине как при равномерном движении. Расстояние от передней стенки модели отстойника до первого такого сечения составляло длину входной части, а от последнего до задней стенки – длину выходной части.

Полная же длина отстойника определялась как сумма трех длин: входной, камеры и выходной.

Проведенные исследования показали, что длины входной и выходной частей отстойника зависят от величины продольной средней скорости и глубины осветляемого слоя. С увеличением средней скорости они уменьшаются, а при увеличении глубины – увеличиваются. В гидравлике длины таких переходных участков потока жидкости принято оценивать соотношением их длины к глубине потока. В данном случае при различных

скоростях и глубинах входная часть характеризовалась отношениями, равными 9-29, а выходная часть – 2,5-5,0. Из гидравлических исследований целого ряда авторов известно, что при входе в прямоугольный лоток длина переходного участка (в данном случае – аналогия входной части) составляет  $(10-30) \cdot h$ . Эти данные близки к полученным в данной работе.

Выше было указано, что во все рекомендуемые для расчета длины горизонтального отстойника формулы, входит соотношение (1), а для увеличения эффективности работы отстойников вводится повышающий коэффициент  $\alpha$ , величина которого по рекомендациям различных авторов, колеблется от 2 до 10, т.е. в очень больших пределах. Имея результаты моделирования, путем подсчета отношения длины всего отстойника к длине его камеры были получены значения этого коэффициента за счет влияния длин входной и выходной частей при различной продольной скорости, глубине и времени отстаивания сточных вод.

Т.к. на требуемую длину горизонтального отстойника влияют и некоторые другие факторы, не исследуемые в данной работе, в расчет длины был введен дополнительный коэффициент, равный 1,2. Данные такого расчета приведены в таблице.

Таблица 1

Значения коэффициента  $\alpha$

№ п/п	t, час	V, см/с	$\alpha$ при глубине h, м				уд. расходы q м <sup>2</sup> /с при глубине h, м				
			1,0	2,0	3,0	4,0	1,0	2,0	3,0	4,0	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	5	0,2	2,30	3,60	4,90	7,25	0,002	0,004	0,006	0,008	
		0,4	1,70	2,20	2,80	3,45	0,004	0,008	0,012	0,016	
		0,6	-	-	2,20	2,50	0,006	0,012	0,018	0,024	
		0,8	1,45	1,65	1,90	2,15	0,008	0,016	0,024	0,032	
		1,0	1,40	1,55	-	-	0,010	0,020	0,030	0,040	
2	10	0,2	1,75	2,45	3,10	3,90	0,002	0,004	0,006	0,008	
		0,4	1,50	1,70	2,05	2,35	0,004	0,008	0,012	0,016	
		0,6	-	-	1,70	1,90	0,006	0,012	0,018	0,024	
		0,8	1,35	1,45	1,55	1,70	0,008	0,016	0,024	0,032	
		1,0	-	-	1,40	1,50	0,010	0,020	0,030	0,040	
3	15	0,2	1,60	2,05	2,50	3,05	0,002	0,004	0,006	0,008	
		0,4	1,40	1,55	1,75	2,00	0,004	0,008	0,012	0,016	
		0,6	-	-	1,55	1,65	0,006	0,012	0,018	0,024	
		0,8	1,35	1,40	1,45	1,55	0,008	0,016	0,024	0,032	
		1,0	1,30	1,35	-	-	0,010	0,020	0,030	0,040	
4	20	0,2	1,50	1,85	2,15	2,60	0,002	0,004	0,006	0,008	
		0,4	1,35	1,50	1,60	1,80	0,004	0,008	0,012	0,016	
		0,6	-	-	1,50	1,55	0,006	0,012	0,018	0,024	
		0,8	1,25	1,35	1,40	1,50	0,008	0,016	0,024	0,032	
		1,0	1,20	1,25	-	-	0,010	0,020	0,030	0,040	

Таким образом, полученные и рекомендуемые для расчета длины горизонтального отстойника, работающего в системе механической очистки промышленных сточных вод (в частности шахтных), данные позволяют подсчитать его длину по общей формуле:

$$L_{om} = \alpha \cdot V \cdot t \quad (3)$$

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гнедин Г.М. Гидравлика горизонтальных отстойников. – К.: Будівельник, 1974 – 223с.
2. В.А. Большаков и др. Справочник по гидравлике. – К.: Вища школа, 1984 – 343с.
3. Ю.М. Константинов. Гидравлика, К.: Вища школа», 1981–358 с.

УДК 624.154

#### ОБ ОБТЕКАНИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫМ ПОТОКОМ СВАЙНЫХ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ НА СКЛОНАХ БАЛОК

*Е.П. Кудрявцев к.т.н., доцент, Ю.П. Панасенко студ., Т.А. Филимонова студ.  
Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,  
Днепропетровск*

В последнее время городские власти крупных городов, территории которых прорезают глубокие балки, особенно в центральных районах, следуя заграничному опыту, стали обращать внимание на их склоны, как возможные участки относительно дешевой земли, пригодные для застройки высокэтажными зданиями. Привлекательность таких участков состоит еще в том, что, как правило, перед этими склонами уже проложены все необходимые инженерные коммуникации, при относительно не глубоком залегании грунтовых вод. Однако при эксплуатации таких интенсивно застроенных территорий происходит неизбежное повышение уровней грунтовых вод как за счет изменения естественных путей фильтрационного потока, так и из-за нарушения целостности трубопроводов, которые приводят к большим потерям воды, достигающих в крупных городах 40-60. % При высоком же стоянии грунтовых вод возникает опасность появления оползней застроенных склонов и суффозии грунта. В этом случае, одно из противооползневых мероприятий, применяются свайные основания, состоящие из большого количества свай, располагаемых к тому же еще и шахматном порядке. Естественно, фильтрационный поток или его часть будет обтекать такое сооружение при возможном увеличении скоростей в зоне, прилегающей к свайному основанию. Если эта увеличенная скорость превысит определенную допустимую для данного вида грунта основания, может произойти вынос частиц грунта в нижнюю часть балки, что приведет к

образованию каверн, увеличивающихся с течением времени. В результате такого нарушения фильтрационной прочности грунта может уменьшиться несущая способность свай и тогда здание получит недопустимый крен, а в худшем случае может произойти даже провал этого здания. Поэтому возникает вопрос о том, существует ли действительно эта проблема, необходимо ли ее учитывать при проектировании застройки склонов балок с применением свайных оснований, или же ею можно пренебречь.

Для решения этой задачи был применен метод ЭГДА, разработанный для моделирования фильтрации. А так как поставленная задача является пространственной, был использован, применяемый в гидравлике способ разложения движения. В этом случае моделирование обтекания фильтрационным потоком кустов свай на склоне проводилось отдельно по горизонтальной /плановое обтекание/ и вертикальной плоскостям. Общее же решение складывалось из совокупности этих двух задач.

Так как выпуск промышленных установок ЭГДА был прекращен еще в 70 годах прошлого века и сейчас их практически нет в рабочем состоянии, опытная установка для выполнения данной работы была собрана из отдельных приборов, выпускаемых промышленностью в настоящее время. Она состояла из стабилизатора напряжения, выпрямителя и цифрового вольтметра, при рабочем напряжении 20-25 вольт постоянного тока. Моделирование проводилось на стандартной электропроводной бумаге. В отличие от ЭГДА 9/60, в которой заранее на реостате задавалось определенное падение напряжения и на электропроводной модели находились точки, соответствующие такому же падению электрического потенциала, в собранной опытной установке по показаниям цифрового вольтметра находились положения семейства точек с одинаковым падением напряжения от «плюсовой» шины. Кривые, соединяющие эти точки, являются линиями равных потенциалов, а перпендикулярные к ним – линии тока, показывающие направление движения фильтрационного потока.

При плановом обтекании фильтрационным потоком куста свай положение линий тока показано на рис. 1.

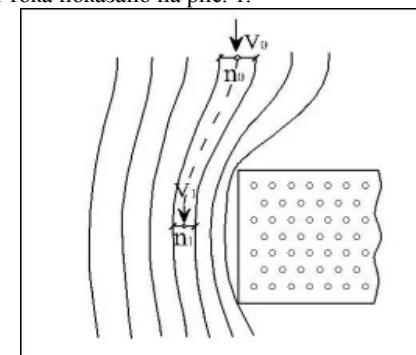


Рис.1 Обтекание фильтрационным потоком куста свай