

УДК 628.543

А.К. Керимов

ГИДРАВЛИКА ТОНКОСЛОЙНОГО ОТСТОЙНИКА

Интенсификация процесса отстаивания жидкости являлась целью мно-гих работ, проведенных за последние десятилетия, в результате которых было установлено, что наиболее эффективным способом является отстаивание стоков в тонком слое [1].

Опыт практического осуществления идей выделения взвесей из воды в тонком слое показал, что несмотря на кажущуюся простоту организации этого процесса, в известных конструкциях сооружений не удаётся в полной мере достичь преимуществ, которые может дать этот перспективный метод [2,3]. Причиной тому в первую очередь сложность организации равномерного водораспределения по всему рабочему сечению сооружения.

Известные конструктивные решения вопроса равномерного водораспределения в тонкослойных отстойниках с наклонным движением в них воды не могут считаться лучшими, т.к. приняты произвольно и несогласуются с законами гидравлики, доказывающих их правомерность.

В самом деле, для достижения равных скоростей течения жидкости между всеми параллельными пластинами необходимо, чтобы поток воды,двигающийся над ними, равномерно раздавал свой расход по межпластинчатым зазорам (рис1). Таким образом, объем 1 над пластинами является распределительным объемом, а поток воды в нем-открытым потоком с переменной массой. Условие отвода из основного потока переменной массы равных расходов воды требует, чтобы скорость этого потока в точках ответвления была одинаковой [4]. Этот закон нарушается при горизонтальном или наклонном расположении линии верхних кромок пластин, т.к. в распределительном объеме постоянного сечения происходит непрерывное уменьшение расхода и скорости воды. Кроме того, в любом открытом потоке воды, каким является поток в распределителе, верхние слои всегда движутся с большими

скоростями, чем нижние [5]. Для того, чтобы кромки пластин отсекали из потока воды в распределителе равные расходы, необходимо обеспечить соответствие между возвышением каждой кромки пластин над предыдущей со скоростью воды в данном сечении, т.е. возвышение друг над другом смежных пластин по длине распределителя должно быть различным. В таком случае линия кромок пластин прямой быть не может. Ни одно из известных решений этого вопроса не согласуется с законами гидравлики.

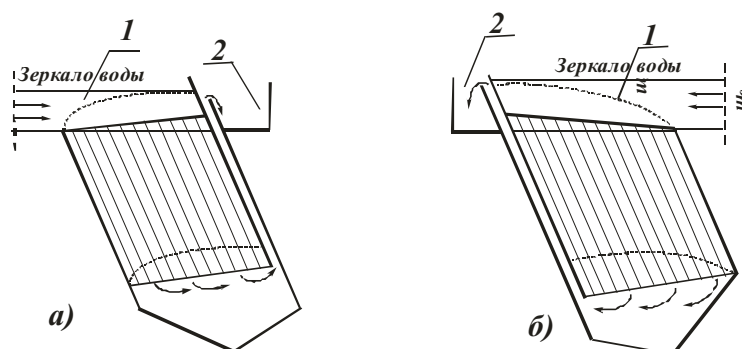


Рисунок 1 - Схема тонкослойного отстойника а) набегающий поток, б) скользящий поток

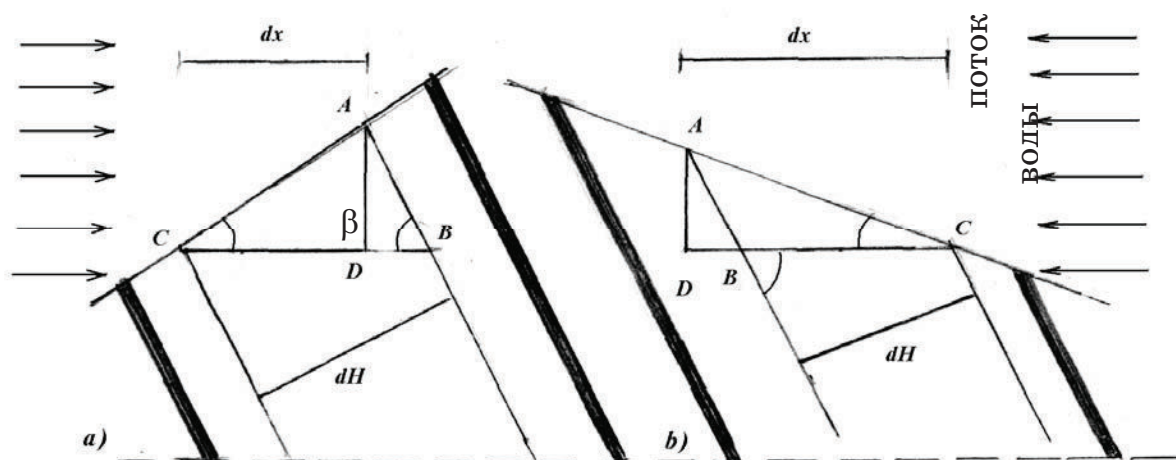


Рисунок 2 - Схема определения dx при набегающем потоке а) и скользящем потоке (б)

Решающим фактором, определяющим степень использования рабочего объема, является режим движения в распределителе потока воды, формирующийся в зависимости от конструктивных и гидравлических параметров отстойника, таких как расход воды, в сооружении, глубина и длина распределителя, угол оттока воды из основного потока в межпластинчатое пространство, скорость течения воды между пластинами. Все указанные параметры непосредственно

связаны с технологическими расчетами процесса отстаивания и только глубина распределителя может приниматься произвольно, т.к. не участвует в этих расчетах. В то же время регулирование её величины по длине распределителя может оказаться достаточным для достижения равного оттока воды во все межпластинчатые пространства. В этом случае решение данного вопроса сведется к определению очертания линии, образованной в продольном сечении сооружения верхними и нижними кромками параллельных пластин.

Рассмотрим поток воды в распределительном объеме, как поток с равномерно убывающим расходом вдоль пути и воспользуемся теорией гидравлики переменной массы [4], общее уравнение которой имеет вид:

$$\frac{\alpha_0}{g\omega} d\left(\frac{Q^2}{\omega}\right) + d\left(\frac{P}{\gamma} + Z\right) + i_f dx - \frac{\alpha_0\theta}{g\omega} dQ, \quad (1)$$

где α_0 - коэффициент скорости; g - ускорение сил тяжести; Q - расход воды; ω -сечение распределителя; ω -живое сечение потока переменной массы; $\frac{P}{\gamma}$ -пьезометрическая высота; Z -геометрический напор; i_f – потери напора на трение у боковых стенок распределителя; θ -проекция скорости отделяемых расходов воды на направление скорости основного потока в распределителе; Q – элементарный расход воды на бесконечно малой длине dx распределителя пределах распределительного объема.

Параллельные пластины в сооружении могут устанавливаться двояко. В одном случае основной поток воды в распределителе набегаёт на верхние кромки пластин, образуя так называемый “набегающий поток” (рис 1,а), в другом-скользит по их кромкам- “скользящий поток” (рис.1, в). В первом случае основной поток при входе в межпластинчатое пространство отклоняется на угол меньше 90° и направление проекции θ скорости оттока воды совпадает с направлением основного потока. Во втором случае основной поток отклоняется на угол больший 90° , а направление проекции θ противоположно направлению основного потока, и значение θ отрицательное.

Уровень воды в распределительном объеме P постоянен и выше уровня воды в отводящем канале 2 на величину перепада Z . Линия

гидростатического напора расположена на свободном зеркале воды, а поток жидкости находится под воздействием сил тяжести и сил давления. В этом случае для реальных потоков вязкой жидкости с плавно изменяющимся движением давление распределяется по гидростатическому закону, т.е.

$$\frac{P}{\gamma} + Z = const.$$

Тогда уравнение (1), упростится до вида

$$d\left(\frac{Q^2}{\omega}\right) - \theta \cdot dQ = 0 \quad (2)$$

При угле α наклона пластин к горизонту проекция θ скорости воды между пластинами на ось основного потока равна $\theta = \pm y \cdot \cos \alpha \cdot \sqrt{2gz}$, где отрицательное значение принимается при «скользящем потоке» а Y коэффициент скорости. Используя зависимость, характеризующую истечение жидкости через затопленную щель и геометрические схемы (рис.2), определим значения θ и dQ и подставим их в (2). Проинтегрируем полученное уравнения имея ввиду, что переменной вдоль пути потока является его глубина h

$$h = \frac{Q^2 h_0}{Q_0^2 \pm h_0 B^2 \varepsilon \theta^2 (tg \alpha \mp tg \beta) \cdot X}$$

Верхние знаки в знаменателе принимаются при скользящем потоке. воды Уравнение даёт возможность получить единственно верное очертание кривой, обеспечивающей равномерный отток во все межпластинчатые пространства тонкослойного отстойника.

Выводы

Решающим фактором, определяющим степень использования рабочего объёма тонкослойного отстойника является режим движения в распределителе потока воды с переменной массой, формирование, которого находится в зависимости от конструктивных и гидравлических параметров сооружения. Известные конструктивных решена вора распределения в подобных отстойниках не согласуются с законами гидравлики.

Для наиболее полного использования рабочего объёма тонкослойного отстойника верхние кромки параллельных пластин в его продольном сечении должны располагаться по кривой,

рассчитанной массы. Полученная аналитическая зависимость применима для всех конструктивных видов тонкослойных отстойников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корабельников В.М. исследование процесса осаждения взвеси в тонкослойных отстойниках. Сб. научных трудов.АКХ ОНТИ, М. 1976.
2. Ульмгрен Л., Андерсон К. Пластинчатое осаждение при очистке вод. Швеция, ж. «Ваттен»,1972,29, №5, с.455-468.
3. Лемура М.В. Проектирование тонкослойных отстойников, Киев, «Будивильник», 1981, с.186.
4. Петров Г.А. Гидравлика переменной массы. Изд. Харьковского университета им. А.М.Горького, Харьков, 1964, с.33-40.
5. Справочник по гидравлическим расчётам под редакцией Киселёва Н.А. Изд. «Энергия», М., 1972, с.107-109