

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Макалада жеңил өнөр жай мекемелериндеги пайдаланган ыплас сууларды тазалоодо эффективдүү технологиялык процестери берилген.

В статье приведена эффективность используемых технологических процессов для очистки производственных сточных вод предприятий легкой промышленности.

In the article are given information about effectiveness of technological process using in a treatment of industry sewage waters of textile enterprises.

В процессе очистки сточных вод и обработки осадков широко применяют сооружения для концентрирования твердого осадка. Для этой цели используют отстойники, илоуплотнители, сепараторы, гидроциклоны, флотаторы, центрифуги и вакуум-фильтры.

Скорость процесса концентрирования твердой фазы в сооружениях гравитационного типа зависит от вязкости жидкости, концентрации загрязнений, наличия в суспензии частиц тяжелее и легче жидкости, плотности твердой и жидкой фаз сточных вод, действующей силы, продолжительности процесса, высоты слоя осаждения, размера частиц твердой фазы и др.

Эффективность работы сооружения, т.е. степень разделения твердой фазы суспензии S характеризуется способностью к уменьшению первоначально занимаемого объема $V_{исх}$, в котором содержалась исходная концентрация сухого вещества $C_{исх}$ до объема в конце процесса $V_{ос}$, имеющем соответственно концентрацию сухого вещества $C_{ос}$.

Таким образом, способность суспензии к разделению S в функциональной зависимости имеет вид:

$$S = F(Y, K), \quad (1)$$

где $Y = V_{ос} / V_{исх}$ – способность твердой фазы суспензии к уменьшению объема, в который она может перераспределяться, а

$$K = C_{ос} / C_{исх}, \quad (2)$$

которая характеризует способность частиц твердой фазы к концентрированию в единице объема.

С учетом принятых обозначений способность суспензии и разделению (сгущению), выраженная в процентах, можно представить в виде:

$$S = V_{ос} \cdot C_{ос} / V_{исх} \cdot C_{исх} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Знаменатель дроби выражения (3) $V_{исх}, C_{исх}$ есть начальное содержание твердой фазы в начале процесса. Числитель $V_{ос} \cdot V_{ос}$ показывает количество сухого вещества, выделенного в процессе разделения суспензии.

Выражение (3) показывает долю (процент) сухих веществ, отделенных в сооружениях. Чем больше значения S , тем выше способность суспензии к осветлению, т.е. выше эффект очистки. Уравнение баланса (3) не учитывает фактор времени, при котором протекает процесс сгущения твердой фазы, а устанавливает взаимосвязь изменяющихся параметров суспензии в конце процесса. Простой и ясный физический смысл формулы (3) выгодно отличает предлагаемую методику, которой рекомендуется пользоваться при определении эффективности сгустителей различной конструкции в соответствующих исследованиях.

В этом случае зависимость (3) может быть представлена в виде:

$$S = G_{отд} / G_{исх}, \quad (4)$$

где $G_{отд} = V_{ос} \cdot C_{ос}$; $G_{исх} = V_{исх} \cdot C_{исх}$

или в виде:

$$S = G_{исх} - G_{осв} / G_{исх}, \quad (5)$$

где масса твердого вещества $G = V_{осв} \cdot C_{осв}$, а $V_{осв}, C_{осв}$ – соответственно объем и концентрация сухого вещества в осветленной суспензии.

При $G = 1$ имеем соотношения:

$$V = 1/C \text{ и } C = 1/V. \quad (6)$$

Используем условие (6) и уравнения баланса по твердой

$$G_{исх} = G_{ос} + G_{осв} \quad (7)$$

и жидкой фазам:

$$V_{исх} = V_{ос} + V_{осв}. \quad (8)$$

Выражения (3) преобразуются к удобному для вычисления общему виду:

$$S = C_{ос} (C_{исх} - C_{осв}) / C_{исх} (C_{ос} - C_{осв}). \quad (9)$$

Совершенство и удобство выражения (9) в том, что не требуется замерять объем, определяются лишь концентрации в соответствующих потоках суспензии.

Обычно в канализационной практике для оценки эффективности, например, отстойников используют традиционную формулу:

$$Дт = (K_{исх} - K_{осв}) / K_{исх}, \quad (10)$$

где $K_{исх}, K_{осв}$ – содержание взвешенных веществ в исходной и осветленной суспензиях.

В специальной литературе /1, 2/ выражение (10) употребляется с понятием «эффективность работы отстойников», «эффект отстаивания», «осветления», «выпадения», «очистки» и т.д.

По смыслу же эта формула показывает, какую долю имеет удельное количество задержанных при отстаивании загрязнений, выраженных через взвешенные вещества.

Удобство и популярность этой формулы заключается в том, что она проста и в то же время относительно характеризует эффективность работы сгустителей.

Как было показано выше, с учетом уравнений баланса вида (7) и (8) и зависимости (6) действительную эффективность сгустителей (отстойников) следует определять по выражению:

$$D_d = K_{oc} (K_{исх} - K_{осв}) / K_{исх} (K_{oc} - K_{осв}), \quad (11)$$

где K_{oc} – концентрация взвеси в осадке.

Анализ формул (7) и (8) показывает, что во всех случаях выражение (10) дает занижение эффекта, и чем ниже значение эффекта, вычисленного по выражению (10), тем больше разница в действительном эффекте D_d , и значении эффекта D_t .

График определения действительного эффекта D_d для отстойников, в зависимости от удельного объема образующегося осадка V_{oc} , показан на рис. 1.

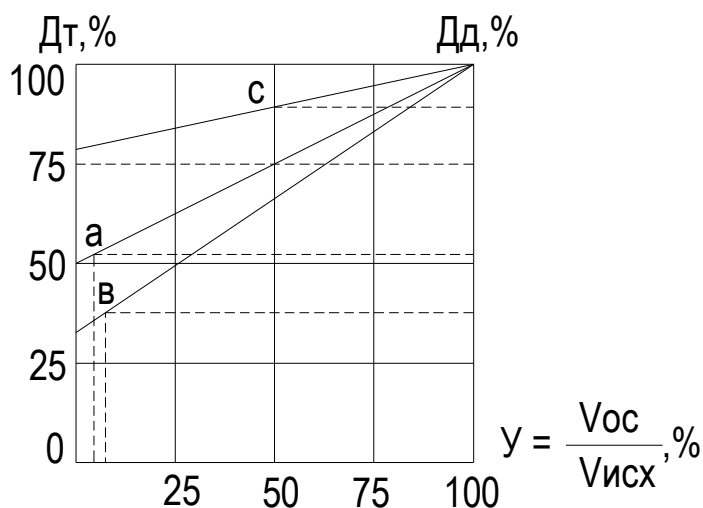


Рис.1. Оценка эффективности сгустительных устройств. $D_d = D_t + (1 - D_t) V_{oc} / V_{исх}$

Графоаналитическим анализом установлена зависимость

$$D_d = [D_t + (100 - D_t) V_{oc}] / 100 V_{исх}, \quad (12)$$

которая позволяет для технологических расчетов последующих за отстойниками очистных сооружений определять их действительный эффект при наличии данных о работе последних, установленных по обычной методике.

Как видно из графика, незначительные изменения будут при расчетах сооружений для очистки низкоконцентрированных городских сточных вод (точка А при $D_t = 50\%$ и отношении $V_{oc} / V_{исх} < 1\%$, действительный эффект лишь на 0,5 % больше определяемого по традиционной методике).

При очистке высококонцентрированных шерстомойных сточных вод (ШСВ) по методу анаэробного сбраживания (точка В при $D_t = 30\%$ и $V_{oc} / V_{исх} = 10\%$) действительный эффект на 7 % выше.

При химочистке ШСВ (точка С при $D_T = 78\%$ и $V_{oc}/V_{исх} = 50\%$) действительный эффект на 11 % выше.

Традиционным выражением (10) нельзя воспользоваться для вычисления величины загрязнений, поступающих на дальнейшую очистку, так как эта формула не учитывает объемного распределения потоков и, например, $D_T = 78\%$, оставшаяся часть загрязнений в осветленном потоке составляет 22 %.

В действительности количество оставшихся загрязнений можно установить лишь по выражению (11), и оно составит 11 % от исходного количества.

Следовательно, действительное количество оставшихся загрязнений вдвое превышает количество, выявленное по выражению (10).

Полученный результат показывает, что в технологических расчетах сгустителей-осветителей необходимо пользоваться соотношением (11), так как проведенный анализ работы стандартных городских очистных сооружений показал, что использование выражения (10) для оценки эффективности отстойников приводит к некоторому запасу в отношении сооружений биологической очистки воды.

Действительную эффективность сгустителей (осветлителей) различного типа рекомендуется определять по выражению (9), а применительно к отстойникам городской канализации – по выражению (11).

Использование уравнений баланса твердой и жидкой фазы сточных вод (7) и (8) позволяет правильно рассчитывать сооружения для очистки воды и обработки осадков.

Пользуясь графиком, показанным на рис.2, в эксплуатационных условиях можно варьировать работу канализационных сооружений в зависимости от условий работы и нагрузки на сооружения механической и биохимической очистки воды и на сооружения по обработке осадков.

Даже самая чистая вода из природных источников содержит различные твердые примеси, которые могут находиться в воде в растворенном, коллоидном или взвешенном состоянии.

Рассмотрим физические свойства воды при изменении концентрации в ней твердых веществ (загрязнений) в интервале от 0 до 1, имея в виду, что в процессах сгущения (осветления) перераспределения компонентов в потоках смеси происходит в соответствии законами вероятности.

Для оценки состояния воды в данном случае может быть использовано понятие энтропии системы жидкое-твердое, имеющее здесь смысл как мера разнородности состава или как величина «заряда» воды загрязнениями. Энтропию системы для суспензии находят по выражению

$$\mathcal{E} = -M \log_2 M - (1-M) \log_2 (1-M), \quad (12)$$

где M и $(1-M)$ – соответственно объемные содержания сухого вещества и воды в единице объема суспензии. Как показали исследования, энтропийный показатель n , можно использовать при сравнении совершенства конструкции разделительных устройств (отстойников, центрифуг и т.п.) при $C_{исх} = \text{CONST}$, $J = \text{CONST}$.

Распределение «зарядов» загрязнений в потоках в простейшем случае, например, при работе отстойников может быть записано

$$\Theta_{исх} V_{исх} = (\Theta_{ос} V_{ос}) + (\Theta_{осв} V_{осв}), \quad (13)$$

где $\Theta_{исх}$, $\Theta_{ос}$, $\Theta_{осв}$ – энтропии суспензии в поступающем потоке, в осадке и в осветленных водах.

Энтропийный показатель $n_э$, характеризующий эффективность процессов разделения двухфазной системы жидкое- твердое, определяют по выражению

$$n_э = \Theta_{исх} V_{исх} - (\Theta_{ос} V_{ос} + \Theta_{осв} V_{осв}) / \Theta_{исх} \cdot V_{исх}$$

или после упрощения:

$$n_э = 1 - (\Theta_{ос} V_{ос} + \Theta_{осв} V_{осв}) / (\Theta_{исх} V_{исх}). \quad (14)$$

На графике рис.2 показано изменение энтропии суспензии при различном содержании твердых веществ. Из характера кривой видно, что энтропия достигает максимума Θ_{max} при $M = 0,5$ и стремится к нулю при изменении значения M от 0,5 к нулю или от 0,5 к единице.

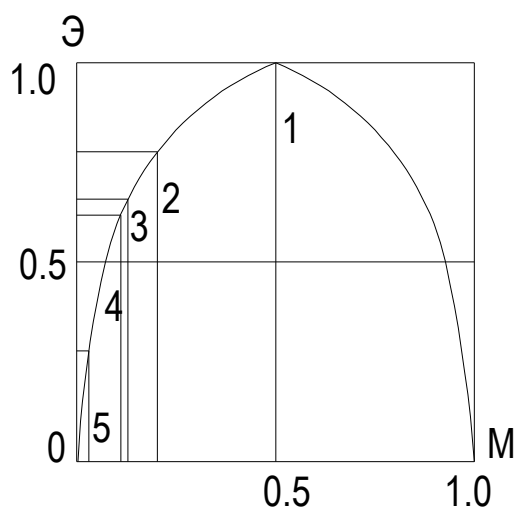


Рис.2. Зависимость скрытой энергии систем жидкое-твердое от разнородности компонентов загрязнений: 1-5 – определение энтропии соответственно при количестве компонентов твердого вещества 1, 2, 3, 4 и 10

Для того чтобы понизить энтропию суспензии, нужно концентрировать твердое и жидкое. Если процесс концентрирования (очистки воды) заключен полностью, то энтропия системы жидкое-твердое равна нулю. Таким образом, максимальная энтропия всегда будет у такой воды, у которой равномерно по всему объему распределены твердые частицы загрязнений.

Следовательно, процесс загрязнения воды сопровождается повышением (до концентрации $M = 0,5$), а процесс очистки – уменьшением энтропии воды. Изменение энтропии суспензии целесообразно рассматривать при содержании в них твердых веществ от нуля до 0,5, так как суспензии при значении $M > 0,5$ относятся всегда к категории так называемых осадков, и следует принимать во внимание не очистку воды, а наоборот, концентрирование твердого остатка, что достигается различными приемами, например, фильтропрессованием, термической сушкой и др.

Из рассмотрения модели системы жидкое-твердое (сточная жидкость, осадки) видно, что при изменении M от нуля до 0,5 энтропия суспензии растет до максимума и увеличивается энергозатраты на очистку воды. Следовательно, при использовании традиционных методов (отстаивание, центрифугирование) трудно обеспечить высокое качество очистки с возрастанием концентраций загрязнений в очищаемой воде.

С помощью этой же модели можно рассмотреть влияние числа компонентов на энергозатраты при очистке сточных вод.

Например.

Возьмем в расчет суспензию, имеющую однородное твердое вещество (один компонент - i) с $M = 0,5$; для нее энтропия, т.е. скрытая энергия на очистку, будет $\Theta_{\max} = 1$:

при одном компоненте $M_1 = 0,5 \quad \sum \Theta_1 = 1,00 \cdot 1 = 1,00$;

при двух компонентах $M_2 = 0,5 \quad \sum \Theta_2 = 0,82 \cdot 2 = 1,64$;

при трех компонентах $M_3 = 0,5 \quad \sum \Theta_3 = 0,67 \cdot 3 = 2,01$;

при четырех компонентах $M_4 = 0,5 \quad \sum \Theta_4 = 0,57 \cdot 4 = 2,28$;

.....

при десяти компонентах $M_{10} = 0,5 \quad \sum \Theta_{10} = 0,27 \cdot 10 = 2,70$.

Следовательно, $\sum \Theta_{i+1} > \sum \Theta_i$, т.е. с увеличением числа компонентов i при одинаковой суммарной концентрации $M = 0,5$ энтропия, а следовательно, и энергетические затраты на очистку тем выше, чем большее число компонентов входит в сухое твердое вещество.

Отсюда следует, что в водоотведении промышленных предприятий для снижения энергетических затрат на очистку стоков не следует смешивать сточные воды, имеющие существенные различия по своему происхождению. Целесообразно развивать локальные замкнутые циклы очистки и возврата воды в производство. Практика работы заводских очистных сооружений также подтверждает тот факт, что при сложном физико-химическом составе промышленных стоков их очистка сильно затруднена, и рентабельная утилизация ценных веществ, содержащихся в сточных водах, становится практически невозможной.

Список литературы

1. Пугачев Е.А., Акинцева Н.Ю., Давлятмиров Д. и др. Разработка интенсивных методов очистки ШСВ фабрик ПОШ и механического обезвоживания осадков. – М.: МИСИ, 1975.
2. Пугачев Е.А. и др. Разработка технологического регламента процесса промывки шерсти при оборотном использовании водяного сброса сепараторов. – М.: МИСИ, 1988.