

когда указания выполняются не в силу подчинения начальнику, а вследствие их правильности. Такой руководитель управляет производством и безопасностью. Микроклимат в любом коллективе, который во многом зависит от начальника-лидера, должен создавать не только психологически безопасные условия труда на каждом рабочем месте, но и условия для профессионального и карьерного роста.

Безопасное производство – высокая энергетическая отдача. В нашей республике разработаны масштабные мероприятия по обеспечению безопасности труда:

- совершенствуются страховые механизмы с целью повышения экономической и финансовой заинтересованности работодателей в постоянном улучшении труда работников;
- совершенствуется нормативно-правовая база в области охраны труда;
- формируется высокоэффективная система медико-профилактического обслуживания работников;
- проводятся аудиты безопасности, оценка рисков на рабочих местах;
- формируется культура безопасности, что ведет к устойчивому развитию предприятий.

В силу вышесказанного делаем вывод – необходимо лишить работающего возможности делать выбор между опасным и безопасным способом деятельности, применить меры организационного и технического характера, усилить контроль за соблюдением правил охраны труда, поставить на должный уровень идеологическую и воспитательную работу, чтобы устранить текучесть кадров. Уменьшение стресса и безопасность на производстве прямо пропорциональны развитию энергетического потенциала трудового коллектива. Ведь кадры решают не только все, они решают ВСЕ.

*Список используемых источников*

1. Журнал «Охрана труда и социальная защита» №8, август 2013 г., изд. Минск.

**Урецкий Е.А., Гуринович А.Д., Мороз В.В.**

### **ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОТСТОЙНИКОВ, ПУТЁМ ДОБАВЛЕНИЯ В НИХ ЗЕРНИСТЫХ ХЛОПЬЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ПОЛОЧНЫХ МОДУЛЕЙ**

*Член-корреспондент Белорусской Инженерной Технологической Академии;  
Белорусский национальный технический университет, доктор технических наук, профессор;*

*Брестский государственный технический университет, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов*

Повторное использование промышленных сточных вод невозможно без тщательного их осветления на высокопроизводительных сооружениях.

Высокая эффективность осветлительных устройств особенно важна при внедрении малозатратной энергосберегающей технологии очистки стоков, загрязнённых ЛКМ, в рамках очистных сооружений реагентного типа. Это продиктовано тем, что основная масса лакокрасочных материалов (ЛКМ) адсорбирована оксигидратным коллектором, который осаждается в осветлителях, а

также из-за жёстких требований контролирующих организаций к токсичной органике, присутствующей в сточных водах на выпуске в городскую канализацию.

Московским государственным проектным институтом были разработаны типовые очистные сооружения производительностью до  $100\text{ м}^3/\text{час}$ . Эти очистные сооружения в 70-х 90-х были внедрены более чем на 100 предприятиях оборонного комплекса страны, в том числе и на БЭМЗ. На всех этих очистных сооружениях в качестве осветлителей МГПИ закладывали вертикальные отстойники. Такие подходы объяснялись тем, что внедрённые и опробованные до этого в реальных условиях полочные отстойники, работали нестабильно и обеспечивали сравнительно невысокий эффект осветления.

Согласно [1] главная причина заключалась в том, что концентрация взвеси, её состав и свойства на предприятиях приборостроения и машиностроения меняются непрерывно. Это противоречило основному принципу конструирования и расчета геометрических размеров полочных отстойников: постоянство нагрузки, начальной и конечной концентрации взвеси, её дисперсности и плотности. Кроме того, в реальных стоках масса частиц гидравлической крупности менее  $0,05\text{ см/с}$  составляет более 80%. Использованные в проектах конструкции полочных отстойников рассчитывались на более благоприятные для работы условия - крупнодисперсную взвесь с высокой плотностью. Не менее важным следует считать более высокий удельный объем гидроокисного осадка (10-15 %) и сравнительно низкую концентрацию твердой фазы (4-5 г/л). В настоящее время на очистных сооружениях БЭМЗ эксплуатируется два стандартных вертикальных отстойника, Объем каждого из них –  $295,00\text{ м}^3$  (объем цилиндрической части –  $203,50\text{ м}^3$ ). Схема отстойника приведена на рисунке 1.

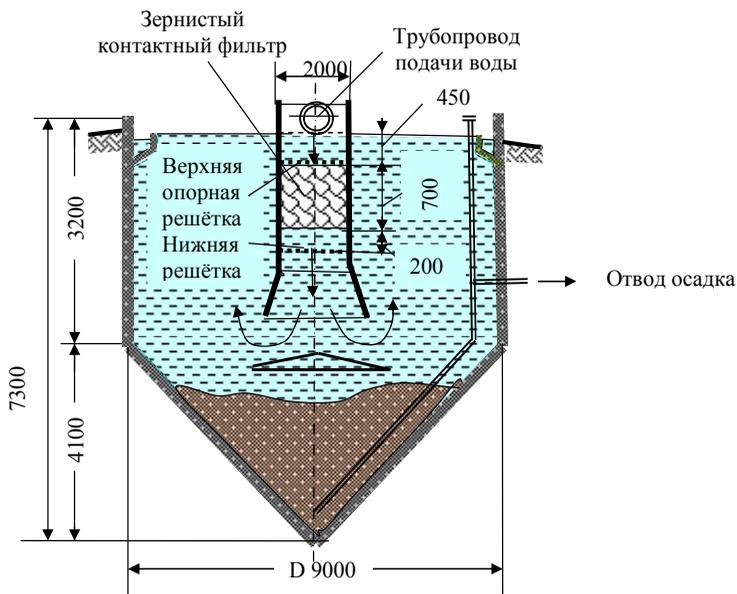


Рис. 1. Схема размещения зернистого хлопьеобразователя в вертикальном отстойнике БЭМЗ восходящим модулем

Для повышения эффективности отстаивания эксплуатационной было предложено в центральной трубе вертикального отстойника разместить камеру

хлопьеобразования. Загрузка этого зернистого контактного фильтра (ЗКФ) осуществлена кусками вспененного полистирола крупностью 40-60 мм слоем 700 мм и размещена под металлической решёткой, установленной на глубине 450 мм ниже переливной кромки осветлённой воды. На расстоянии 200 мм под нижней кромкой вспененного полистирола установлена другая решётка, предотвращающая падение загрузки при опорожнении отстойника.

Совместно с лабораторией базового предприятия были проведены соответствующие исследования. Наблюдения и исследования показали, что эффективность задержания взвеси после установки ЗКФ достигла 75-80%, против 50-60% без него. Как известно, стандартные вертикальные отстойники в условиях непостоянного расхода показали низкий эффект осветления и даже периодический вынос накопившегося ранее осадка. Для устранения этих недостатков предприятию было предложена дальнейшая реконструкция этих отстойников путём добавления в них сборных полочных модулей и выходной камеры хлопьеобразования.

Схема переоборудования существующих вертикальных отстойников с нисходящим и восходящим движением воды, полочным восходящим модулем и зернистыми хлопьеобразователями приведена на рисунке 2. Реконструкции этих отстойников предшествовала научно-исследовательская работа [2] проведённая на базовом предприятии.

Исследование проводилось на полупроизводственной линии с использованием промышленных аппаратов и полупроизводственных нестандартных установок для компоновки схемы доочистки. Эта линия была разработана и смонтирована на очистных сооружениях базового объекта. Она состоит из полупроизводственных установок 1 и 2 ступеней (полочный отстойник и фильтр) для глубокого осветления стоков и промышленных аппаратов для обессоливания методами электролиза и ионообмена. Линия была оборудована необходимыми промежуточными ёмкостями для накопления стоков и насосами для перекачки их как внутри линии, так и в систему технического водоснабжения предприятия.

Исследования велись только на натурном стоке. Отбор проб для определения содержащихся в воде основных лимитированных показателей проводился на всех стадиях обработки стоков. Для определения использовались стандартные методики. Серии «сквозных» экспериментов чередовались с отработкой параметров отдельных её элементов.

Перед седиментацией для накопления и укрупнения хлопьев использован зернистый слой, как перед полочными модулями, так и после них. Как известно, при движении суспензий в зернистой среде происходят процессы коагуляции пор загрузки. Расчёты показывают, что для агрегатов взвеси 1 мм скорость фильтрования более 6 м/ч, диаметр горловин поровых каналов не менее 10 мм (что соответствует размерам зёрен 40-60 мм). Простая форма зёрен и их гладкая поверхность гарантирует отрыв и выход в зону седиментации достаточно крупных агрегатов. Массовому отрыву и выносу созревших хлопьев предшествует стадия «насыщения» фильтра, которая тем продолжительнее, чем больше длина (высота) зернистого слоя и больше период «старения» осадка [2].

Исследования на реальном стоке базового предприятия подтвердили все эти положения. Вместе с тем установлено, что часть дисперсной взвеси (в основном микрохлопья гидроокиси меди) не участвует в процессе хлопьеобразования на ультракрупнозернистой загрузке. Поэтому КЗХО из гранул вспененного полистирола диаметром 1-3 мм, установленный на выходе из тонкослойного модуля, обеспечил укрупнение хлопьев гидроокиси меди при ограниченной длине зернистого слоя.

Таким образом, показана принципиальная возможность избирательного хлопьеобразования и накопления осадка с преобладающим содержанием металлов.

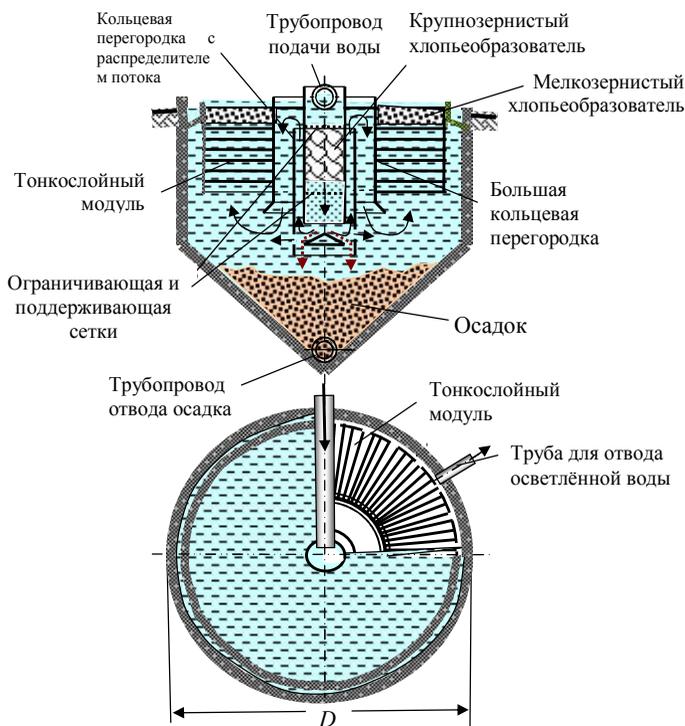


Рисунок 2. Схема переоборудования вертикального отстойника с нисходящим и восходящим движением воды полочным восходящим модулем и зернистым хлопьеобразователем

Важной особенностью КЗХО является его низкая чувствительность к колебаниям концентрации взвеси и к изменениям скорости движения системы в пористой среде (разумеется, в известных пределах). Это позволяет существенно улучшить осветление стоков при колеблющемся расходе и изменяющемся их составе в высокопроизводительных осветлительных устройствах [2].

Опытный отстойник содержал две камеры хлопьеобразования – входную и выходную, а также тонкослойный модуль. Входная камера, размещалась в вертикальной трубе и была загружена кубиками вспененного полистирола, размерами 40-60 мм, выходная – зёрнами гранулированного полистирола диаметром 2-5 мм. Общая площадь опытного отстойника 0,54 м<sup>2</sup>.

Были исследованы различные режимы работы отстойника при различных нагрузках на аппарат от 2 до 8 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>/ч.

1. Нисходяще-восходящий модуль.
2. Нисходяще-восходящий модуль с ПАА.
3. Нисходяще-восходящий модуль с КЗХО.

Первые два режима показали разброс данных по эффекту осветления на 30 %.

Третий режим отличался сравнительно небольшим разбросом даже при много большем наборе данных.

Средние показатели качества отстоя приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели работы модуля

Показатели	Взвешенные вещества, мг/л	Железо общее, мг/л	Хром, мг/л	Медь, мг/л	pH
Осреднённое значение на выходе	30,0	1,5	0,1	2,6	9,3

При среднем расходе стоков до  $2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ , удельный объем осадка составлял 3% при средней влажности осадка – 92%.

Помимо этого производились параллельные наблюдения за работой модуля и производственного вертикального отстойника, были организованы замеры скорости отстаивания, определялось содержание взвешенных веществ на выходе, содержание железа общего на входе и выходе, подсчитан эффект осветления по железу. Замеры и отбор проводились в дневную и вечернюю смены. Всего проведено 7 циклов наблюдений в разные дни недели месяца. Два цикла совпали с периодом работы вакуум-фильтров, сопровождавшимися выносом взвеси из вертикальных отстойников. Качество отстоя после модуля при этом оставалось в пределах средних значений. В отдельные часы скорость движения воды в вертикальном отстойнике менялась от 0,015 до 0,45 см/с. Скорость в модуле колебалась между 0,06 и 0,09 см/с (рисунок 3). Качество воды на выходе из отстойника иногда приближалось к качеству отстоя после модуля. Средние результаты 5 циклов приведены в таблице 2.

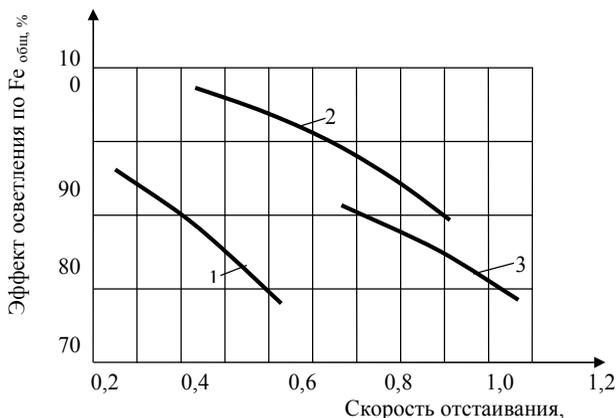


Рисунок 3. Влияние скорости отстаивания на эффект осветления [2]

- 1 – полочный отстойник без КЗХО;
- 2 – полочный отстойник с КЗХО;
- 3 – полочный отстойник без КЗХО с использованием ПАА

Данные таблицы свидетельствуют о том, что даже при скорости отстаивания, вдвое превышающей скорости в вертикальном отстойнике, эффект осветления полочного отстойника остаётся вдвое выше. Сравнение явно в пользу тонкослойного отстаивания с предварительным контактным хлопьеобразователем.

Таким образом, применение полочных отстойников с нисходящим модулем и камерами КЗХО позволяет резко интенсифицировать процессы осветления и

существенно повысит качество очищенной воды. Вместе с тем, эксплуатация их по сложности приближается к обслуживанию механических фильтров, что и следует отмечать в проектах.

Таблица 2 Сравнение работы полочного и вертикального отстойников

Показатели работы	Скорость потока, см/с	Взвешенные вещества, мг/л	Железо общее, мг/л, эффективность, %
Осреднённое значение полочного/вертик. отстойников	0,08/0,024	32,3/201	1,63/11,5 91/38

При реконструкции вертикального отстойника он дополнительно оборудуется малой кольцевой перегородкой, установленной коаксиально с центральной трубой, большой кольцевой перегородкой, придающей движению потока нисходяще-восходящий характер.

Пространство между последней внутренней стенкой отстойника заполняется сборными тонкослойными модулями. Центральная труба оборудуется зернистым хлопьеобразователем. Как и в первом случае, загрузка этого зернистого контактного фильтра (ЗКФ) осуществлена кусками вспененного полистирола крупностью 40-60 мм слоем 700 мм и размещена под металлической решёткой, установленной на глубине 450 мм ниже переливной кромки осветлённой воды нижней кромкой вспененного полистирола установлена другая решётка, предотвращающая падение загрузки при опорожнении отстойника. Помимо этого для повышения эффективности отстаивания дополнительно на выходе осветлённой жидкости из полочного модуля устанавливается КЗХО из гранул вспененного полистирола диаметром 1 - 3 мм. Толщина слоя этого КЗХО 200 мм. Расстояние между мелкозернистой загрузкой и верхним уровне полок – 100 мм, между переливной кромкой и верхним слоем мелкозернистой загрузки – 80 мм.

Устройство работает следующим образом. Сточную воду, прошедшую реагентную обработку и нейтрализацию, содержащую взвешенные частицы различных гидроксидов тяжёлых металлов (Cu, Zn, Cr, Fe) и адсорбированную на них органику, подают в центральную трубу. В центральной трубе установлен крупнозернистый хлопьеобразователь, загрузка которого выполнена из кусков пенополистирола, ограниченная сверху и снизу металлическими сетками. Проходя через загрузку, сточная вода равномерно распределяется по площади центральной трубы, где и начинается процесс хлопьеобразования взвешенных частиц, а за тем направляется к струеотражающему конусу.

В периоды снижения расхода, неосветлённая жидкость через щель между конусным струеотражателем, кольцевой перегородкой и тарировочные отверстия перетекает в пространство, заполненное тонкослойными модулями, которые могут быть выполнены из различных материалов: от металла и пластмасс до гибкой плёнки. Площадь тарировочных отверстий рассчитана на пропуск сточной жидкости только при пониженных расходах.

В периоды значительного повышения расходов, часть сточной жидкости не прошедшая напрямую в пространство, заполненное тонкослойными модулями через щель между конусным струеотражателем, кольцевой перегородкой и тарировочными отверстиями, поднимается вверх по зазору между центральной трубой и малой кольцевой перегородкой с кольцевым козырьком-распределителем и тарировочными отверстиями в нижней части. После этого часть потока перетекает в пространство, ограниченное большой кольцевой перегородкой и малой кольцевой перегородкой. В этом пространстве по площади в 2-3 раза большем, чем между центральной трубой и малой кольцевой перегородкой нисходящая скорость потока падает, способствуя

осаждению частиц взвеси средней крупности. За тем вода проходит сквозь слой мелкозернистой загрузки, где задерживается взвесь малой гидравлической крупности.

Предлагаемая реконструкция существующего вертикального отстойника позволяет повысить эффект осветления до 95% и существенно снизить опасность выноса осадка, что проверенно на смонтированной на БЭМЗ пилотной установке.

#### *Вывод*

1. Проведенное на базовом предприятии совершенствование вертикальных отстойников, путём внедрения низкзатратного технического решения (установка зернистого контактного фильтра), позволило повысить эффективность осветления до 75-80%, против 50-60% до этого. Соответственно уменьшен вынос адсорбированных на взвеси лакокорасочных материалов.

2. Дальнейшая реконструкция вертикальных отстойников по предложению авторов, путём оборудования их полочными вставками, позволит повысить их эффективность до 95%. При этом будут резко сокращены затраты на доочистку стоков с последующим возвратом их на повторное использование для ответственных технологических операций.

#### *Список используемых источников*

1. Е.А. Урецкий. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий: Монография. – Брест. изд-во БрГТУ, 2008, - 320 стр. с ил.
2. НИР “Очистка” Подготовка воды для повторного использования в системе водоснабжения, МГПИ, Брест 1995 г.
3. Гогина Е.С, Гуринович А.Д., Урецкий Е.А.. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения. Издательство ассоциации строительных ВУЗов. М. - 2012.

**Дроневиц А.Ю., Пойта П.С., Шведовский П.В.**

### **ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ ПРОЕКТНОГО ВАРИАНТА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра геотехники и транспортных коммуникаций*

На процесс принятия проектного решения по свайным фундаментам оказывает влияние множество факторов: инженерно-геологические и гидрогеологические условия стройплощадки; конструктивная схема здания; строительные, заводские, технологические и временные ограничения (несовершенство оборудования и механизмов, стесненность условий, отсутствие специальных материалов и изделий, срок строительства и т.д.). Поэтому выбор оптимальных, с точки зрения энергетической эффективности, конструктивных (КР) и организационно-технологических (ОТР) решений представляет собой сложную инженерную задачу, требующую реализации принципов комплексности и системности подходов к оценке возможных вариантов [1, с. 36; 3, с. 25].

Оптимальный вариант КР и ОТР должен характеризоваться определенной системой критериев, базирующихся на совокупности внешних (техничко-