УДК 628.334

# Современное оборудование и сооружения для механической очистки сточных вод от грубодисперсных примесей

**А. И. ЩЕТИНИН[1], Ю. Г. МАРЧЕНКО[2]**

[1] *Щетинин Анатолий Иванович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, главный технолог, Группа компаний «Экополимер»*
*115054, Россия, Москва, Б. Строченовский пер., 7, тел.: (495) 648-37-80, e-mail: shch@ecopolymer.com*
[2] *Марченко Юрий Григорьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, научный консультант, ГК «Экополимер»*
*Тел.: +38 (050) 593-96-38, e-mail: yu.g.marchenko@gmail.com*

Рассматривается современное оборудование для очистки сточных вод от грубодисперсных примесей. Кратко описаны конструкции решеток, приведены их достоинства и недостатки. Приведены формулы для расчета потерь напора на решетках. Дана рекомендация устанавливать решетки с прозорами не менее 5 мм. Сравнительный анализ различных методик расчета песколовок показал, что нормативное время пребывания в песколовках должно быть увеличено до 10 минут. В результате обработки литературных данных получены формулы, которые предлагаются в качестве новой расчетной базы при проектировании, для определения эффективности горизонтальных и аэрируемых песколовок. Рассмотрено современное оборудование для сбора и удаления песка.
**Ключевые слова:** сточные воды, механическая очистка, решетки, песколовки, аэротенк, гидроциклон.

Up-to-date equipment for wastewater treatment from coarse-disperse admixtures is considered. Designs of screens are described briefly, their advantages and shortcomings are presented. Formulas for calculation of head loss on sreens are presented. Recommendations to install screens with openings not less than 5 mm are made. The comparative analysis of different methods of sand-catchers design shows that the normative time of stay in sand catchers can be extended up to 10 minutes. Literary data treatment has made it possible to obtain formulas offered as a new calculation base for determination of efficiency of horizontal and aerated sand catchers during the designing. Up-to-date equipment for sand collection and removal is considered.

**Key words:** wastewater, mechanical treatment, screens, sand catchers, aeration tank, hydrocyclone.

При эксплуатации очистных сооружений канализации возникают проблемы, связанные с неудовлетворительной очисткой от грубодисперсных примесей, а именно плавающих включений и нерастворимых минеральных веществ (песка). Для удаления таких компонентов предназначены механические решетки и песколовки. Конструкция этих элементов [1] физически и морально устарела, а современный рынок оборудования предлагает большое количество достаточно сложных технических решений. Положение усугубляется тем, что в настоящее время наметилась тенденция к отказу от применения первичных отстойников, в которых задерживается наибольшее количество плавающих веществ и песка. В связи с этим значимость решеток и песколовок как единственных аппаратов для задержания грубодисперсных примесей возрастает. Плавающие включения могут переносить на себе до 25% общего количества песка, который высвобождается при перемешивании и аэрации. Таким образом, плавающие и оседающие грубодисперсные примеси связаны друг с другом.

**Решетки**. Разнообразие типов решеток делает их классификацию весьма условной и неоднозначной. Решетки можно разделить по типу задерживающей поверхности – реечные (стержневые) и перфорированные, неподвижные и ленточные; по методу снятия загрязнений – грабельные, роторные и статические, по принципу снятия загрязнений – со стороны сточной жидкости и со стороны очищенной; по типу привода – электрические и гидравлические и т. д.

Основным функциональным параметром решетки является степень очистки. По этому показателю устройства делятся на решетки грубой

очистки (величина задерживаемых отбросов более 6 мм), решетки тонкой очистки (1,5–6 мм), фильтрующие решетки (0,2–1,5 мм) и решетки микрофильтрации (менее 0,2 мм). Последние два типа решеток не предназначены для задержания грубодисперсных примесей.

Реечная, стержневая решетка представляет собой металлическую раму, внутри которой установлен ряд параллельных стержней. Снятие загрязнений с решетки осуществляется движущимися граблинами или со стороны сточной жидкости, или со стороны очищенной. Преимуществом прочистки со стороны очищенной жидкости является то, что все механизмы (цепи, шестерни и т. д.) защищены решеткой от повреждений, вызванных наличием крупных включений в сточной жидкости. Кроме того, при снятии загрязнений со стороны очищенной жидкости зубья граблин выталкивают загрязнения сквозь решетку, предотвращая продавливание и проскок загрязнений между стержнями (решетки типа РМУ). Однако опыт эксплуатации показал, что длинные зубья граблин с наименьшими размерами прозоров более подвержены повреждениям. Принцип снятия загрязнений со стороны очищенной жидкости реализован в конструкции ступенчатой решетки тонкой очистки.

Наиболее распространенными являются реечные решетки с прочисткой со стороны сточной жидкости. Первые представители своего класса, они используются на очистных сооружениях более 60 лет. Конструкция решеток за это время совершенствовалась, позволяя тем самым решать проблемы, связанные с обслуживанием. На очистных сооружениях в России наиболее распространены механизированные решетки такого типа: РММВ, МГ, РМК, РД, РГР и др. Решетки грубой очистки очень популярны в США, а в европейских странах ими практически не пользуются. В Европе очистные сооружения сравнительно небольшие, на них легче обеспечить более высокую степень очистки, и вероятно, поэтому там популярны степ-скрины, решетки ленточного и роторного типов.

В свою очередь реечные решетки могут быть классифицированы по типу механизма снятия загрязнений с фильтрующей поверхности. В настоящее время особенно популярны следующие типы грабельного механизма:

цепной – самый распространенный;

с возвратно-поступательным движением граблины, которая укреплена на несущем устройстве, перемещающемся вдоль рамы с помощью электрического или гидравлического привода;

дуговые решетки.

Существующие уже очень давно, механические решетки с цепным или тросовым механизмом движения граблин сквозь прозоры характеризуются простотой конструкции, сравнительно невысокой стоимостью. Решетки такого типа выпускаются на каналы шириной до 3 м и глубиной до 7 м. Величина прозоров 6–50 мм.

Решетка представляет собой металлическую раму, внутри которой установлен ряд параллельных стержней. Загрязнения осаждаются на решетке и поднимаются граблинами до маятникового механизма их очистки. Граблины прикреплены к роликовым цепям, которые движутся по направляющим. Две ведущие шестерни установлены в верхней (надводной) части решетки. Снятые с граблин загрязнения сбрасываются в желоб. Защита от перегрузки осуществляется или динамометрическим, или электронным устройством.

Согласно современным представлениям, для любой решетки с прочисткой со стороны сточной жидкости стержни должны иметь в сечении или прямоугольную, или трапецеидальную, клиновидную форму [2]. На рис. 1 представлен фрагмент такой решетки производства компании «Экополимер».

При величине прозоров менее 6 мм грабельный метод снятия загрязнений не обеспечивает достаточного качества очистки фильтрующей поверхности решетки, в особенности при высоком содержании в сточной жидкости волокнистых включений.

Реечные решетки с возвратно-поступательным приводом граблин выпускаются с величиной прозоров 6–50 мм. Основное преимущество таких решеток – отсутствие каких-либо частей привода граблины ниже уровня воды. Принципиальный недостаток – громоздкость и высота конструкции. При глубоком канале и невысоком здании, что часто встречается в насосных станциях, такую решетку просто невозможно установить.

Дуговые решетки устанавливаются на каналы шириной до 3 м и глубиной до 3 м. Величи-

**Рис. 1. Клиновидные стержни и граблины решетки «Экополимер»**

на прозоров выбирается в диапазоне 2,5–50 мм. Область применения таких решеток – малые и средние очистные сооружения. При глубоком и широком канале высокие массогабаритные показатели, обусловленные конструкцией решетки, делают ее применение нецелесообразным.

Фильтрующая поверхность решеток такого типа представляет собой набор дуговых стержней или дуговую перфорированную поверхность. Граблины закреплены на обоих концах вращающегося рычага. Примеси осаждаются на решетку и граблинами поднимаются до точки сброса. Преимущества дуговых решеток заключаются в отсутствии движущихся частей ниже уровня воды и повышенной, по сравнению с традиционными реечными решетками, площадью фильтрования.

Наиболее распространены в мировой практике решетки тонкой очистки – ступенчатые, ленточные и барабанные (шнековые). Решетки этих типов установлены на очистных сооружениях по всему миру. Появление на рынке первой ступенчатой решетки в 1984 г. связано с именем шведской фирмы «Hydropress Wallander & Co» (ныне подразделение фирмы «Huber Technology»). Различные модификации ступенчатых решеток выпускаются такими компаниями, как «Meva» (Швеция), «Preseco Pomiltek Oy» (Финляндия), ООО «Риотек» (Россия), НИИлегмаш ОрелГТУ (Россия).

Ступенчатая решетка представляет собой два пакета пластин ступенчатой формы – подвижный и неподвижный. Каждая пластина подвижного пакета расположена между двумя пластинами неподвижного. Подвижная пластина совершает круговое движение – подъем, перемещение, спуск. Подвижный пакет движется посредством запатентованного кривошипно-шатунного механизма (без цепей). Содержащиеся в поступающей на очистку сточной жидкости загрязнения собираются на неподвижных ступенях установки. Затем подвижный пакет пластин, совершая круговое движение, приподнимает накопившиеся загрязнения, перемещает их вверх и укладывает на следующую неподвижную ступень. Таким образом, шаг за шагом, загрязнения перемещаются вверх до линии сброса.

Задержанные на пластинах загрязнения образуют дополнительный фильтрующий слой, способствующий повышению эффективности очистки. Размер задерживаемых частиц вне зависимости от величины прозоров может составлять менее 1 мм, и в этом случае ступенчатые установки можно отнести к классу процеживающих.

Работа установки осуществляется, как правило, в автоматическом режиме. Начало цикла очистки совпадает с достижением в канале перед установкой верхнего рабочего уровня и срабатыванием датчика контроля уровня, который, в свою очередь, включает привод решетки. Начинается перемещение вверх задержанных загрязнений и очищение фильтрующей поверхности установки. В результате уровень воды в канале падает, и по сигналу датчика уровня происходит отключение привода установки. Частота и продолжительность циклов очистки зависят от расхода сточной жидкости, а также от содержания и состава загрязнений.

В Европе ленточные решетки выпускаются более 20 лет. Решетка представляет собой стальную раму (из нержавеющей или углеродистой стали, защищенной антикоррозионным покрытием) с движущейся лентой из ударопрочного пластика. Лента собирается из элементов с крючками (зубчиками) для транспортировки отбросов. После сброса отбросов лента очищается вращающейся нейлоновой щеткой. Такие решетки тонкой очистки выпускаются с прозорами: 0,5–10 мм («Sereco S.r.l.»); 3–15 мм («Andritz AG»); 1,5–25 мм («Passavant-Geiger GmbH»); 5–10 мм (ОАО «Владимирский завод «Электроприбор»).

Решетки могут легко устанавливаться в любые каналы. Несмотря на то что фирмы декларируют большую пропускную способность и малые потери напора, производительность ленточных решеток несколько ниже, чем ступенчатых и реечных, поскольку вода проходит через полотно два раза.

Фирма «Andritz» выпускает ленточную решетку Aqua-Screen, лента которой выполнена из перфорированной нержавеющей стали (толщиной 2 или 3 мм). Диаметры отверстий могут быть 3, 6, 10 или 15 мм. Ступенеобразные панели, из которых состоит лента, движутся с помощью мощной цепи, защищенной от попадания примесей щетками из полиэстера. Очистка ленты после сброса отходов осуществляется в два этапа. Сначала лента промывается водой из форсунок, затем очищается вращающимися щетками. Решетки Aqua-Screen имеют ширину 0,5–2,5 м.

В последнее время популярными становятся барабанные (роторные) решетки с интегрированной промывкой и уплотнением извлекаемых отходов. Например, решетка Rotamat производства фирмы «Huber» представляет собой вращающуюся корзину, состоящую из клиновидных реек, и устанавливается в канал или контейнер под углом 35°.

Сточная вода попадает в установку через открытое дно корзины. Загрязнения оседают на

корзине, а сточная вода проходит через решетку. Осевшие на внутренней стороне корзины загрязнения создают дополнительный фильтрующий эффект. Клиновидная форма стержней снижает возможность засорения корзины. Устройство начинает работать при превышении уровня жидкости до решетки выше установленного значения. При вращении корзины загрязнения поднимаются до уровня сброса и с помощью щетки-скребка сбрасываются в бункер, размещенный внутри корзины. Расположенный в бункере шнек транспортирует загрязнения в контейнер. При транспортировании загрязнения промываются и уплотняются. Влажность промытого и уплотненного мусора достигает 60%.

Каналы, в которые обычно устанавливаются решетки, имеют прямоугольное сечение. Поскольку решетка стесняет живое сечение потока, канал должен быть немного шире, чем подводящий лоток. Днище канала решеток может быть на 70–150 мм ниже днища лотка для предотвращения залегания песка и других тяжелых включений. Размер решеток определяется из условия обеспечения в прозорах скорости движения сточной жидкости 0,8–1 м/с при максимальном притоке на очистные сооружения. При скорости более 1 м/с уловленные включения продавливаются через решетки (особенно при больших прозорах). При скорости менее 0,8 м/с перед решеткой начинают выпадать в осадок крупные фракции механических включений [3].

Для всех видов решеток потери напора определяются по формулам [2–6]:

$$h_L = \frac{V^2 - v^2}{2g}\left(\frac{1}{0{,}7}\right); \quad (1)$$

$$h_L = \beta\left(\frac{W}{b}\right)^{4/3} h_v \sin\theta; \quad (2)$$

$$h_L = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q}{C_d}\right)^2, \quad (3)$$

где $h_L$ – потери напора на решетке, м; $V$, $v$ – скорость потока в решетке и в канале до решетки, м/с; $g$ – ускорение свободного падения, 9,81 м/с$^2$; $W$ – максимальная толщина проекции стержня решетины, направленная по потоку, м; $b$ – минимальный прозор между решетинами, м; $h_v$ – потери скоростного напора на решетине, м; $\theta$ – угол наклона решетин к горизонтали; $Q$ – расход воды через решетку, м$^3$/с; $C_d$ – коэффициент расхода (0,6 для чистой решетки); β – коэффициент, зависящий от формы поперечного сечения стержней решетины, изменяется от 0,92 до 2,42.

Формула (1) используется для определения потерь напора в чистых или частично засоренных решетках, формула (2) – только для чистых решеток. Формула (3) является уравнением «общего» отверстия и применяется для определения потерь напора в решетках тонкой очистки.

Допустимые потери напора на чистых решетках любой конструкции составляют 150 мм вод. ст., максимально допустимые потери напора на загрязненных решетках – 800 мм вод. ст. Влажность осадка после решеток составляет приблизительно 80%, его удельный вес – 750–960 кг/м$^3$. Общее количество образующихся отбросов около 20 г/(сут·чел). При прочих равных условиях эффективность задержания плавающих включений зависит от ширины прозоров решетки. Зависимость количества задержанных веществ от ширины прозоров приведена на рис. 2 [3].

Как видно из рис. 2, чем меньше величина прозоров, тем большее количество отбросов задерживается. При ширине прозоров менее 1 мм количество задерживаемых отбросов составляет более 0,519 м$^3$/м$^3$ сточной воды, или около 50 мг/л. То есть при такой величине прозоров удаление твердых веществ при помощи решеток оказывается сопоставимым с эффективностью работы первичных отстойников. Однако соблюдение вышеперечисленных скоростей в подводящих каналах не позволяет устанавливать решетки с прозорами менее 5 мм. Именно это требует установки решеток тонкой очистки после песколовок во избежание выпадения песка перед решеткой.

При выборе решетки в каждом конкретном случае можно предложить следующий алгоритм действий: определение геометрических размеров подводящих и отводящих каналов на реально существующих или проектируемых сооружениях; расчет минимальной и максимальной скорости потока; определение параметров решетки.

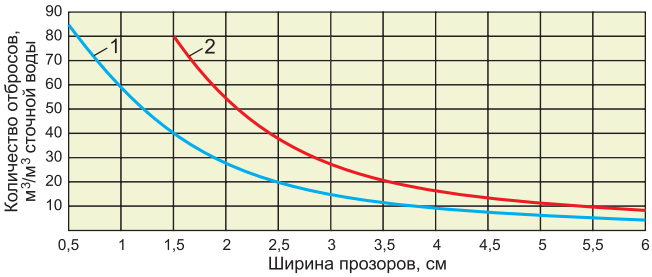


**Рис. 2. Зависимость количества задерживаемых отбросов от ширины прозора решетки**
*1* – среднее значение; *2* – максимальное значение

**Песколовки** сооружаются перед решетками, иногда после них перед первичными отстойниками или аэротенками. Часто песколовки устанавливают перед центрифугами и другими аппаратами для обработки осадка.

В настоящее время в России существуют проблемы, связанные с недостаточной эффективностью удаления песка из сточных вод: накопление твердых минеральных веществ на днище каналов, первичных отстойников, аэротенков, метантенков; повышенное истирание трубопроводов перекачки осадков при напорном режиме работы и (или) засорение их при самотечном режиме; повышенный износ рабочих колес перекачивающих насосов и вращающихся частей аппаратов для обезвоживания осадков.

Разнообразие типов песколовок существенно меньше, чем конструкций решеток: вертикальные; тангенциальные, в том числе гидроциклоны; горизонтальные, в том числе с круговым движением воды; аэрируемые горизонтальные.

Вертикальные песколовки обладают чрезвычайно низкой эффективностью очистки. Тангенциальные песколовки и гидроциклоны для нормальной работы требуют постоянного обслуживания и чаще всего применяются для дополнительной очистки осадков перед их обработкой.

Рекомендации разных исследователей по расчету как горизонтальных, так и аэрируемых песколовок существенно различаются.

При расчете по нормативам [7], длина песколовки пропорциональна комплексу «$K_S v_S$», для горизонтальных песколовок это $1{,}7 \cdot 0{,}3 = 0{,}51$, а для аэрируемых $2{,}43 \cdot 0{,}1 = 0{,}243$, т. е. длина аэрируемых песколовок в 2 раза меньше, чем горизонтальных. При этом для одного и того же расхода воды площадь поперечного сечения горизонтальных песколовок должна быть в 3 раза меньше в связи с увеличением скорости потока. Эффективность осаждения песка непредсказуема. Формально рекомендации СНиП [7] разработаны для эффективности осаждения, равной 100%. Но расчет таких песколовок по формулам осаждения показывает, что эффективность удаления песка составляет для горизонтальных песколовок не более 80%, для аэрируемых – не более 60%. Если учесть, что в расчетах используются диаметр и плотность частиц чистого песка, то неудивительно, что фактическая эффективность отечественных песколовок составляет 30–50%.

В американской литературе [4] расчет горизонтальных песколовок не претерпел изменений с 1935 г. [8]. По-видимому, это связано с тем, что горизонтальные песколовки вытеснены аэрируемыми, которые в одном сооружении выполняют функции как осаждения песка, так и его промывки. В отличие от рекомендаций [7] расчет аэрируемых песколовок по методике [4] исходит в основном из времени пребывания и геометрических соотношений. Задание этих величин фактически в неявной форме регулирует минимальный размер осаждаемых частиц и эффективность очистки, а также определяет допустимую скорость потока воды и гидравлическую нагрузку на поверхность зеркала воды.

Для сравнения различных методик были проведены расчеты с одними исходными данными: одинаковый расход сточных вод, горизонтальная скорость потока – 0,3 м/с для горизонтальной песколовки и 0,1 м/с для аэрируемой. Кроме того, скорости осаждения частиц в неподвижной воде приняты такими, какими они приведены в каждом из источников. Данные [4] откорректированы в соответствии с [9]. Сравнивать методики [7] и [4] в связи с разными принципами, заложенными в расчет, недостаточно корректно. Можно только отметить, что по методике [4] необходимо проводить большое количество итерационных расчетов, чтобы удовлетворить всем заданным соотношениям. Во втором русском издании справочника [2] вообще отсутствует расчет песколовок, однако указывается, что для горизонтальной песколовки время пребывания составляет 1,5–2 мин, а для аэрируемой – 2–5 мин. Следовательно, размеры аэрируемой песколовки в точности соответствуют [4], а для горизонтальной – в среднем в 1,75 раза больше. Результаты расчета приведены в табл. 1.

Расчет песколовок по рекомендациям [5] дает намного большие размеры, чем все остальные методики. Это связано в первую очередь с тем, что время пребывания, по немецким нормативам [10], составляет 10 мин в отличие от [4], где время пребывания для аэрируемой песколовки принимается в пределах 2–5 мин. Совершенно очевидно, что это существенным образом сказывается на эффективности очистки, хотя и требует повышенных капитальных и эксплуатационных затрат. Кроме того, доказано, что существует определенный реально достижимый предел эффективности осаждения песка, представленный в табл. 2 [11].

Анализ и сопоставление теоретических зависимостей с экспериментальными данными [5] показали, что эффективность удаления песка в горизонтальных песколовках можно описать уравнением:

Таблица 1

| Норматив | | Длина аэрируемой песколовки, м, для задержания фракции песка диаметром, мм | | | Длина горизонтальной песколовки, м, для задержания фракции песка диаметром, мм | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,15 | 0,2 | 0,25 |
| ATV-Handbuch [5] при эффективности, % | 85 | 44 | 25 | 14 | 57,6 | 29,2 | 18,1 |
| | 90 | 58 | 32 | 18 | 72 | 36,9 | 28,3 |
| | 95 | 72 | 41 | 23 | 86,4 | 44,6 | 28,3 |
| | 100 | 100 | 53 | 28 | 120 | 63,1 | 39,1 |
| СНиП (1986) [7] | | 19,8 | 13 | – | – | 27,3 | 16,1 |
| Metcalf and Eddy [4] | | 20 | 15 | 10 | 27 | 18 | 13,5 |
| «Дегремон» [2] | | 20 | 15 | 10 | 47,2 | 32,8 | 23,6 |

$$E_{hor} = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v_S}{v_0}\right)\left(\frac{v_S}{v_S^*}\right)^{0,47}\right], \qquad (4)$$

а в аэрируемых песколовках уравнением:

$$E_{air} = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v_S}{v_0}\right)^{0,66}\right], \qquad (5)$$

где $v_S$ – скорость осаждения частиц песка заданного размера в неподвижной воде; $v_0$ – гидравлическая нагрузка на поверхность сооружения; $v_S^*$ – гидравлическая крупность частицы диаметром 0,168 мм, равная 15 мм/с.

Представленные уравнения позволяют рассчитывать эффективность осаждения песка в песколовках разных типов.

Чрезвычайно интересным является предложение [12] использовать аэрируемые песколовки с временем пребывания более 20 мин в качестве высоконагружаемых аэротенков. При этом для аэрации должны использоваться только мелкопузырчатые аэраторы. Это предложение полностью исключает из схемы очистки первичные отстойники, однако требует проведения дополнительных исследований.

Расчет аэрационной системы в песколовках является отдельной, достаточно сложной задачей [13; 14], но для практических целей можно принять расход воздуха 0,5–1,3 м$^3$/(м$^3$·ч) и площадь поперечного сечения 3–5 м$^2$ и выше [5]. При этом меньшей глубине будет соответствовать большее значение. В этом случае могут быть использованы аэраторы «Экополимер».

Еще одной проблемой в песколовках является сбор и удаление выпавшего песка.

Горизонтальные песколовки, как правило, оснащаются механическими скребками с цепным приводом. Скребки располагаются поперек движения воды и по длине чуть меньше ширины песколовок. При движении скребков против хода воды по днищу сооружения песок сдвигается в приямок, расположенный в начале песколовки, откуда гидроэлеваторами перекачивается на песковые площадки. Такая система удаления осадка отличается крайней ненадежностью. При этом самым уязвимым звеном является цепной привод скребков.

Для стран Западной Европы наиболее отработанной операцией является удаление песка при помощи погружных песковых насосов, которые помещаются на специальные мостики, передвигающиеся по длине сооружения. Песковая пульпа откачивается в специальные желоба, находящиеся выше уровня воды в песколовке. Именно такая система успешно работает в Зеленограде (Москва).

В горизонтальных песколовках с круговым движением воды неплохо себя зарекомендовали гидроэлеваторы, единственным недостатком которых является их быстрая истираемость.

Системы подводного гидросмыва себя не оправдали, поскольку за 20 лет не удалось обнаружить ни одного сооружения, на котором бы эта система успешно работала.

Многие Водоканалы самостоятельно пытаются решить вопросы надежности удаления песка из песколовок. Например, на Люберецких очистных сооружениях в Москве нашли применение возвратно-поступательные скребковые механизмы компании «Meva».

Таблица 2

| Диаметр частицы песка, мм | Эффективность очистки, % |
|---|---|
| 0,1 | 50 |
| 0,15 | 75 |
| 0,2 | 85 |
| 0,3 | 95 |

**Рис. 3. Скребковый механизм удаления песка фирмы «Finnchain OY», установленный на очистных сооружениях Екатеринбурга**

Скребковый механизм финской компании «Finnchain OY», изготовленный из пластика и нержавеющей стали, в наибольшей степени соответствует современным тенденциям (рис. 3).

### Выводы

При реконструкции и строительстве сооружений для механической очистки от плавающих включений для выбора оборудования используются известные формулы расчета решеток. При этом снижение ширины прозора менее 5 мм для обычных (не мембранных) сооружений представляется нецелесообразным. Модернизация и строительство песколовок (горизонтальных и аэрируемых) требуют новой расчетной базы, которая представлена в статье. Для удаления песка желательно использовать современные устройства, выполненные из некорродирующих материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: Справ. проектировщика / Под. ред. Самохина В. Н. – М.: Стройиздат, 1981.
2. «Дегремон». Технический справочник по обработке воды: Под ред. Алексеева М. И., Иванова В. Г., Курганова А. М. и др. – СПб: Новый журнал, 2007.
3. Qasim S. R. Wastewater treatment plants. Planning, design and operation. – Lancaster–Basel: Technomic Publish Co, 1999.
4. Tchobanoglous G., Burton F. L., Stensel H. D. Wastewater engineering – treatment and reuse (4th edition): Metcalf and Eddy. – New York: McGraw-Hill, 2003.
5. ATV-Handbuch. Mechanische abwasserreinigung. 4 Auflage. – Berlin: Verlag Ernst & Sohn, 1997.
6. Яковлев С. В., Карелин Я. А., Жуков А. И., Колобанов С. К. Канализация: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1975.
7. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1986.
8. Metcalf L., Eddy H. P. American sewerage practice. – New-York: MGraw-Hill, 1935. V. 3.
9. Screening and grit removal. Wastewater technology fact sheet – U.S. EPA 832-F-99-040, 1999.
10. ATV-Arbeitsbericht sandabscheideanlagen // Korrespondentz Abwasser. 1998. Bd. 45 (3).
11. Stein A. Ein Beitrag zur Bemessung belufteter Sandfange kommunaler Klaranlagen. – Institut fur Wasserwesen, Mitteilungen, 1992. Bd. 37.
12. Londong J. Dimenshioning of aerated grit chambers and use as a hihighly loaded activaned sludge process // Water Science and Technology. 1989. V. 21.
13. Albrecht A. E. Aerated grit operation, design and chamber // Water Sewage Works. 1967. № 114 (9).
14. Sawicki J. M. Aerated Grit Chambers Hydraulic Design Equation // Journal of Environmental Engineering ASCE. 2004. September.

**Леена ТУОМИКОСКИ,**
**генеральный директор «FINNCHAIN OY»:**

*«Для нас чрезвычайно важно было найти сильного партнера в России. Сегодня мы говорим, что мы его нашли в лице динамично развивающейся компании «Экополимер». Поздравляем с юбилеем!»*