

УДК 628.16

*Н. Н. Журкин, С. Я. Алибеков*

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

*Проанализирована специфика условий работы фильтров для предварительной очистки сточных вод. Предложена новая конструкция механического ступенчатого фильтра, описан принцип его работы, преимущества и недостатки.*

**Ключевые слова:** *очистка сточных вод; загрязняющие примеси; зернистые фильтры; очистные сооружения; механическая очистка; ступенчатые пластины; величина прозора; кривошипно-шатунный механизм; цепная передача.*

**Введение.** Именно сейчас, когда темпы роста водопотребления огромны [1], когда некоторые страны уже испытывают острый дефицит пресной воды, а количество чистой природной воды ежегодно уменьшается, особенно остро стоит вопрос снижения загрязнения пресной воды и очистки сточных вод [2].

В настоящее время из-за кризиса в промышленности в сточных водах города Йошкар-Олы мало загрязняющих веществ 1 и 2 классов – особо опасные и опасные, а содержатся в основном загрязняющие вещества 3 – умеренно опасные и 4 – малоопасные.

Из всего многообразия методов очистки сточных вод на территории Республики Марий Эл в основном используются механические – основанные на процедурах процеживания, фильтрования, отстаивания и инерционного разделения. При их дешевизне они позволяют отделять нерастворимые загрязняющие примеси.

Химические методы применяются на промышленных предприятиях нашей республики для выделения из сточных вод растворимых неорганических примесей. При обработке сточных вод известковыми растворами происходит, в основном, их нейтрализация, частичное обесцвечивание и обезвреживание.

Сточные воды промышленных предприятий города и хозяйственно-коммунальные поступают на очистные сооружения МУП города Йошкар-Олы. На очистных сооружениях после предварительной механической обработки сточных вод применяют биологический метод, в основе которого лежит использование микроорганизмов, поглощающих загрязнителей сточных вод. Применяются биологические пруды с населяющими их микроорганизмами, аэротенки с активным илом из бактерий и микроорганизмов.

Одним из основных направлений работы по охране водных ресурсов является переход на замкнутые (бессточные) циклы водоснабжения, где очищенные сточные воды не сбрасываются, а многократно используются в технологических процессах [3,4]. Существенное влияние на степень очистки сточных вод может оказать предварительная механическая обработка.

**Целью** данной работы является разработка конструкции и описание принципов работы устройства для механической очистки сточных вод. Для этого поставлена следующая **задача:** увеличить степень механической очистки сточных вод, повысить надежность и долговечность устройств как предварительной, так и последующей обработки сточных вод, снизить энергозатраты.

**Пути решения поставленной задачи.** При большом содержании в воде грубодисперсных взвесей, в частности при очистке промышленных и коммунальных сточных вод, загрязненных частицами песка, породы, руды, ржавчины или нерудных ископаемых, кристаллами гипса и т.д., первой стадией осветления воды является отделение таких взвешенных частиц в механических фильтрах. Этот процесс осуществляется путем пропуска воды через слой малозернистого фильтрующего материала определенной высоты в специальных сооружениях. Эффект фильтрования при этом зависит от количества и размеров взвешенных в воде примесей, величины зерен фильтрующей среды и скорости фильтрования, а для коагулированных загрязнений также от прочности образующихся агрегатов [5].

Скорые фильтры могут использоваться для очистки сточных вод с предварительным ее осветлением и без осветления (прямоточные фильтры). В зависимости от способа создания напора, необходимого для преодоления сопротивления в фильтрующем слое, различают фильтры открытые самотечные (безнапорные), в которых создается перепад давления за счет разности уровней воды на фильтре и в резервуаре чистой воды, и напорные, работающие под давлением, создаваемым насосом.

Нами разработан и изготовлен открытый самотечный безмешалочный скорый фильтр (рис. 1) [6–7]. Он представляет собой конструкцию со ступенчатыми пластинами, изготовленными из нержавеющей стали. Пластины толщиной 2 мм, шириной 20 мм и прозорами между пластинами 2 мм собраны в пакеты. Ширина пакета составляет 330 мм. Пакеты из пластин смонтированы в стальной каркас. Пластиновый фильтр для предварительной очистки сточных вод установлен непосредственно перед оборудованием механического обезвоживания на очистных сооружениях МУП г. Йошкар-Олы.

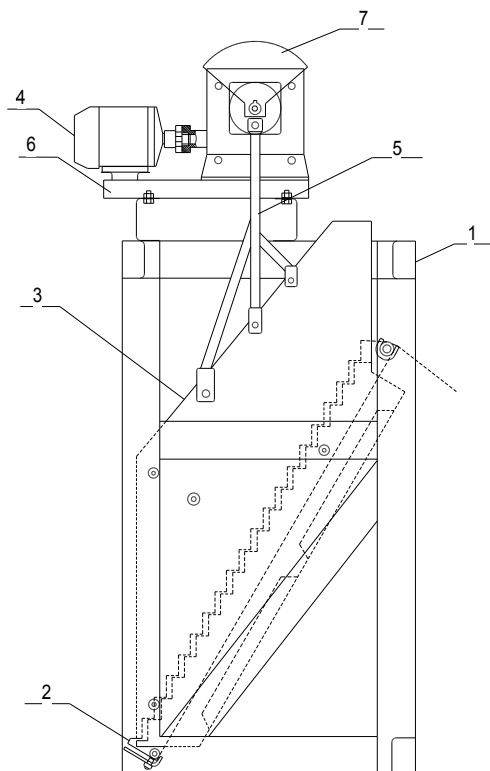


Рис. 1. Устройство для очистки воды от механических примесей: 1 – рама решетки; 2 – пакет неподвижных пластин; 3 – пакет подвижных пластин; 4 – электродвигатель; 5 – кривошипно-шатунный механизм; 6 – верхняя платформа; 7 – противовес

Набор состоит из пакета неподвижных пластин, закрепленных на раме решетки и пакета подвижных пластин, совершающих плоскопараллельное движение относительно неподвижных пластин.

Пакет подвижных пластин приводится в движение электродвигателем, установленным на верхней платформе каркаса. Движение от электродвигателя к пластинам передается при помощи кривошипно-шатунного механизма. Кривошипно-шатунный механизм обеспечивает плавное бесшумное движение пакета подвижных пластин. При использовании данного вида передачи движения увеличивается срок службы механического фильтра по сравнению с цепным видом передачи, а входящий в конструкцию кривошипно-шатунного механизма противовес снижает энергозатраты. Цепная передача шумная, цепь со временем провисает и быстро изнаши-

ваются зубчатые колеса и уменьшается плавность хода, что не маловажно при данном способе очистки сточных вод. При плавном ходе подвижных пластин задержанные загрязняющие примеси не проваливаются со ступеней пластинчатого фильтра и редко попадают в прозоры между пластинами.

Принцип действия решетчатого, ступенчатого фильтра состоит в фильтрации сточных вод через набор ступенчатых пластин (рис.2).

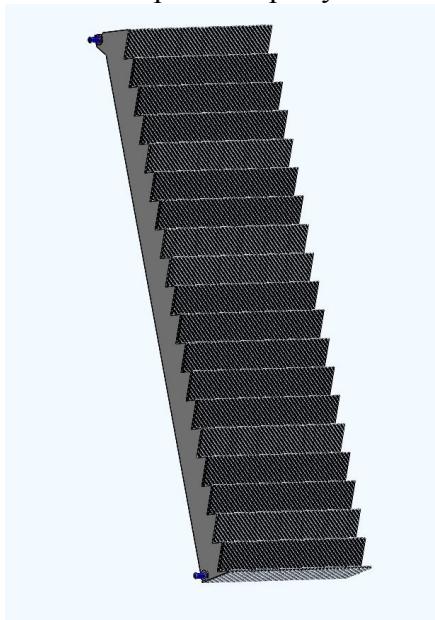


Рис.2. Пакет неподвижных пластин

Известно, что у всех зернистых фильтров имеется дренажная система для сбора фильтрованной воды и равномерного распределения промывной воды. В верхней части у них закреплены желоба для сбора грязной промывной воды, по ним же подводится осветляемая вода из отстойников или осветлителей. Вдоль фильтра размещается арматура управления, обеспечивающая подвод воды, отвод фильтрата, сброс воды из фильтра в сток, подачу промывной воды, сброс воды после промывки фильтрующего слоя в сток. Кроме того, предусматривается регулятор скорости фильтрации или расходомер для фильтрата с регулятором. Скорость воды в подводящих трубах и каналах должна быть равна 0,8–12 м/сек. Высоту слоя воды под нагрузкой фильтра принимают равной не менее 2 м.

#### Результаты исследования и их обсуждение.

При использовании ступенчатых пластинчатых фильтров отпадает необходимость использования зернистых фильтров, нет необходимости распределения промывной воды, создания дренажной системы и использования огромного количества арматуры. Резко уменьшаются площади фильтровальных участков при очистке сточных вод, тогда как на крупных станциях обработки воды площадь каждого из фильтров может достигать 100–120 м<sup>2</sup>.

Суммарную площадь скорых фильтров  $F$  в м<sup>2</sup> рассчитывают по формуле

$$F = \frac{Q}{Tv - 3,6nwt_1 - nt_2v}, \quad (1)$$

где  $Q$  – полная производительность станции, м<sup>3</sup>/сутки;  $T$  – время работы станции в течение суток, ч;  $v$  – расчетная скорость фильтрации при нормальном режиме, м/ч (10–12);  $n$  – число промывок каждого фильтра в сутки (при нормальном режиме эксплуатации принимается не более 2–3);  $w$  – интенсивность промывки, л/сек·м<sup>2</sup> (принимается 12–15 л/сек·м<sup>2</sup> согласно СНиП II-Г.3);  $t_1$  – продолжительность промывки фильтра (3–4 ч);  $t_2$  – время простоя фильтра в связи с промывкой, ч (принимается для однопоточных 0,3–0,5 ч).

Как видно из формулы (1), при использовании ступенчатых фильтров из технологической схемы очистки сточных вод на механических фильтрах отпадают следующие стадии промывки: интенсивность промывки, продолжительность промывки и простой фильтра, поэтому формулу скорых фильтров можно записать в следующем виде:

$$F = \frac{Q}{v(T-1)}. \quad (2)$$

Число фильтров  $N$  на станции определяют на основании экономических расчетов и удобства обслуживания. Ориентировочно оно может быть подсчитано по формуле

$$N = \frac{1}{2\sqrt{F}}. \quad (3)$$

Количество фильтров на станции обработки воды рекомендуется принимать не менее четырех. Однако в нашем случае, так как скорый фильтр и скорость течения сточных вод через фильтры меняется незначительно, то их количество можно уменьшить до двух. При выборе количества фильтров на станции необходимо произвести проверку скорости фильтрования при форсированном режиме,  $v_{p.ф.}$  в м/ч, величина которой не должна превышать допустимой величины 10–12 м/ч. Она вычисляется по формуле

$$v_{p.ф.} = \frac{N}{N - N_1} \cdot v, \quad (4)$$

где  $N_1$  – количество фильтров, находящихся в ремонте.

На очистных сооружениях установлены четыре фильтра. Они работают попарно.

Чтобы задержанные примеси удерживались на ступенях фильтрующих пластин, они выполнены под небольшим уклоном до 15–17°. Собранные загрязняющие примеси, поднимаясь по ступенькам, попадают в накопитель, затем они собираются и вывозятся на полигон твердых отходов.

Преимуществом данных механических фильтров является: простота, незасоряемость, долговечность, уменьшение трудозатрат при обслуживании, на очистных сооружениях нет необходимости перед фильтрами сооружать отстойники или дополнительные емкости. Их можно устанавливать на всех существующих станциях очистки сточных вод, желательнее перед существующими зернистыми фильтрами. При этом повышается степень очистки сточных вод в 2–4 раза и увеличивается срок службы зернистых фильтров в 2–3 раза, установленных после пластинчатых фильтров.

Очищенная от механических загрязнений сточная вода поступает на следующие стадии обработки, то есть в аэротенки для дальнейшей биологической очистки.

При плохой механической очистке сточных вод в аэротенках осаждаются грубые примеси. Они частично забивают диффузоры для подачи воздуха, подвергаясь гниению (загрязнения органического происхождения), выделяют неприятный запах. Механические примеси, осаждаясь на поверхности активного ила, уменьшают биологическую активность и увеличивают расход воздуха при барбатировании активного ила воздухом.

**Заключение.** Таким образом, разработанный нами пластинчатый фильтр механической очистки сточных вод позволяет интенсифицировать процесс механической очистки. Благодаря прозору между пластинами в 2 мм, фильтрующее полотно не забивается и эффективно удаляет механические загрязнения из сточных вод. Разработанная конструкция кривошипно-шатунного привода позволяет снизить энергозатраты, шумность, трудоемкость и повышает надежность и долговечность механического пластинчатого фильтра в 2–4 раза. Пластинчатый механический фильтр позволяет уменьшить время очистки на 20–30 %, экономить материалы для зернистых фильтров и уменьшает площади очистных сооружений.

#### Список литературы

1. Жумартов, Е.Б. Современное состояние водоснабжения и канализования населенных мест Республики Казахстан / Е.Б. Жумартов // Вода. Технология и экология. – 2010. – №3. – С.52-61.

#### References

1. Zhumartov E.B. Sovremennoe sostoyanie vodosnabzheniya i kanalizovaniya naseleennykh mest Respubliki Kazakhstan [Contemporary condition of water supply and sewage handling of the residential areas of Republic of Kazakhstan] Voda. Tekhnologiya i ekologiya [Water. Technology and Ecology]. 2010. No 3. P.52-61.

2. *Свергузова, С.В.* Эффективная очистка сточных вод как фактор экологической безопасности жизнедеятельности / С.В. Свергузова, Ж.А. Свергузова, Г.И. Тарасова // Безопасность жизнедеятельности. – 2010. – №8. – С.36-38.

3. *Сафарова, В.И.* Анализ технологических решений по очистке сточных вод горно-обогатительных комбинатов / В.И. Сафарова, Г.Ф. Шайдулина, Н.Н. Красногорская и др. // Безопасность жизнедеятельности. – 2009. – №7. – С.43-48.

4. *Буженин, В.В.* Очистка производственных сточных вод от загрязняющих примесей / В.В. Буженин // Безопасность жизнедеятельности. – 2010. – № 2. – С.15-20.

5. *Журкин Н.Н.* Очистка воды от механических примесей / Н.Н.Журкин // Материалы международной научной студенческой конференции по естественно-научным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – С.253-254.

6. Пат. 99724 РФ, МПК В01D 41/00. Устройство для очистки воды от механических примесей / Журкин Н.Н., Алибеков С.Я., Батыршин Р.Т. – RU № 2010120861/05; Заявлено 24.05.2010; опубл. 27.11.2010, Бюл. № 33.

7. *Журкин Н.Н.* Конструктивные особенности механического фильтра / Н.Н. Журкин // Научному прогрессу – творчество молодых: Материалы международной молодежной научной конференции по естественно-научным и техническим дисциплинам. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. – С.250-251.

2. *Svergzova S.V., Svergzova Zh.A., Tarasova G.I.* Effektivnaya ochestka stochnykh vod kak faktor ekologicheskoy bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti [Effective sewage treatment as a factor of ecological safety]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Health and safety]. 2010. No 8. P. 36-38.

3. *Safarova V.I., Shaydulina G.F., Krasnogorskaya N.N. et al.* Analiz tekhnologicheskikh resheniy po ochestke stochnykh vod gorno-obogatitel'nykh kombinatov [Analysis of technological decisions on sewage treatment of mining and processing enterprises]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Health and safety]. 2009. No 7. P. 43-48.

4. *Buzhenin V.V.* Ochestka proizvodstvennykh stochnykh vod ot zagryaznyayushchikh primesey [Industrial sewage purification from polluting impurities]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Health and safety]. 2010. No 2. P.15-20.

5. *Zhurkin N.N.* Ochestka vody ot mekhanicheskikh primesey [Water purification from mechanical impurities]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy studencheskoy konferentsii po estestvenno-nauchnym i tekhnicheskim distsiplinam* [Materials of the international scientific student's conference on natural-science and technical disciplines]. *Yoshkar-Ola: MarGTU*, 2009. P. 253-254.

6. *Zhurkin N.N., Alibekov S.Ya., Batyrshin R.T.* Ustroystvo dlya ochestki vody ot mekhanicheskikh primesey [Device for water purification from mechanical Impurities]. Patent RF, no 2010120861/05; 2010.

7. *Zhurkin N.N.* Konstruktivnye osobennosti mekhanicheskogo fil'tra [Design features of the mechanical filter]. *Nauchnomu progressu – tvorchestvo molodykh: Materialy mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii po estestvenno-nauchnym i tekhnicheskim distsiplinam* [Scientific progress is propelled by the creativity of the young: Materials of the international youth scientific conference on natural-science and technical disciplines]. *Yoshkar-Ola: MarGTU*, 2010. P.250-251.

Статья поступила в редакцию 28.10.11.

**Публикуется при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («У.М.Н.И.К.»). Грант № 7393Р\_10235 от 30.11.2009 года.**

*ЖУРКИН Николай Николаевич* – аспирант кафедры машиностроения и материаловедения, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – разработка конструкции фильтра для механической очистки сточных вод. Автор четырех публикаций и одного патента.

E-mail: nikolasy@mail.ru

*АЛИБЕКОВ Сергей Якубович* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машиностроения и материаловедения, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – разработка технологии и модернизация способов очистки сточных вод. Автор более 150 публикаций.

E-mail: mim@volgatech.net

*ZHURKIN Nikolay Nikolaevich* – Graduate student of Mechanical Engineering and Materials Science Chair, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – development of filter for mechanical sewage treatment. Author of four publications and one patent.

E-mail: nikolasy@mail.ru

*ALIBEKOV Sergey Yakubovich* – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Mechanical Engineering and Materials Science Chair, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – development of technology and modernization of ways of sewage treatment. Author more than 150 publications.

E-mail: mim@volgatech.net

**N. N. Zhurkin, S. Y. Alibekov**

### **IMPROVEMENT OF MECHANICAL PURIFICATION OF SEWAGE WATER**

**Key words:** *purification of sewage water; contaminating impurities; granular-bed filters; treatment facilities; mechanical purification; step plates; space size; cranking mechanism; chain drive.*

*At present there are few highly hazardous and hazardous contaminants in Yoshkar-Ola sewage waters. The effluent contains mainly moderately hazardous and low-hazardous contaminants.*

*The mechanical methods are generally used for purification of sewage water on the territory of Mari El Republic – they are based on procedures of screening, filtering, clarification and inertial separation. Being very cheap, these methods enable to separate insoluble contaminants. Mechanical pre-treatment can greatly influence the degree of purification of sewage waters.*

*The aim of this work is the development of design and description of operating principal of the equipment for mechanical purification of sewage water based on improvement the degree of mechanical purification of sewage water, increase of reliability and durability of the equipment of preliminary and, subsequent treatment of sewage water, energy cost reduction.*

*The authors developed and made open gravity high capacity filter of non-agitated type. It represents the construction with stainless steel step plates. Plate filter for preliminary treatment of sewage water is installed immediately in front of mechanical dewatering equipment of treatment facilities of municipal unitary enterprise of Yoshkar-Ola.*

*The operating principle of the step screen is filtration of sewage water using a set of step plates. The advantage of these mechanical filters is their simplicity, clog resistance, durability, low maintenance efforts, there is no need to install clarifiers or additional tanks in front of filters in treatment facilities. They can be installed in all existing sewage plants, preferably, in front of existing granular-bed filters. It increases the degree of sewage water treatment by 2–4 times and the durability of granular-bed filters, installed behind plate filters by 2–3 times.*

*Mechanically purified sewage water flows to the next treatment stages, namely to aerotanks for further biological purification.*

*Developed plate filter of mechanical purification of sewage water enables to intensify the mechanical treatment process. Due to the space between plates 2 mm in size, filter blade is not clogged and efficiently removes mechanical pollution from sewage water. Developed design of cranking mechanism of the drive enables to reduce energy demands, noise, labour requirement and increases reliability and durability of mechanical plate filter by 2–4 times. Mechanical plate filter enables to reduce purification duration by 20–30 %, to save materials for granular-bed filters and to lower floor space of treatment facilities.*