



**УДК 628.16.06**

**В.В. БЕЛОУСОВ**, ассистент кафедры

Донбасский государственный технический университет (ДонГТУ), г. Алчевск, Луганская область

**В.П. ХАРИТОНОВ**, к.ф.-м.н., научный руководитель

Научно-производственная фирма «Хорин» (НПФ «Хорин»), г. Алчевск, Луганская область

## **ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОЧИСТКИ ЖИДКОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА ЦЕНТРОБЕЖНО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ**

Представлены варианты конструктивного исполнения оригинальных промышленных фильтров тонкой очистки жидкости от механических примесей. Изложен принцип работы и приведены основные технические параметры.

**фильтр, водоподготовка, примеси, частица, поток, жидкость, загрязненность, саморегенерация, тонкость очистки, расход, конструкция, показатель, эффективность, эксплуатация**

### **ПРОБЛЕМА И ЕЕ СВЯЗЬ С НАУЧНЫМИ И ПРАКТИЧЕСКИМИ ЗАДАЧАМИ**

Во всех отраслях промышленности и жизнеобеспечения человека используются различные виды жид-

\* Статья опубликована по материалам XVI Международной конференции «Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов», г. Щелкино, АР Крым, 2008 г.

ких сред. Среди них особое место занимает вода. Для поддержания ее потребительских качеств разработано большое количество различных технологий и систем подготовки, одной из важных ступеней которой является очистка от механических примесей.

Дальнейший рост требований к предельной концентрации и граничным размерам частиц примесей в рабочих жидкостях различных технологических циклов промышленных предприятий обуславливает необходимость совершенствования существующих систем их подготовки, внедрения более эффективного фильтровального оборудования. Не менее важным стимулом к этому является и сопутствующий развитию производства рост техногенной нагрузки на водный бассейн, достигший критического уровня в условиях острого дефицита природных водных ресурсов индустриально развитых районов страны.

### АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Потребность предприятий горно-металлургического, машиностроительного, энергетического комплексов Украины в современных системах очистки воды от механических примесей в настоящее время удовлетворяется относительно узким кругом фирм-производителей данного оборудования. Среди наиболее известных – хорошо зарекомендовавшие себя у зарубежных потребителей компании «Hudac», «Tekleen», «Amiad», предлагающие системы очистки на базе фильтров с промывкой обратным потоком жидкости.

Основываясь на анализе реального опыта промышленного использования устройств данного типа в условиях отечественных предприятий, необходимо отметить определенные проблемы в обеспечении стабильности заданного режима работы и энергетических показателей как при очистке воды из внешних водозаборов, так и в оборотных системах водоснабжения.

Основная причина недостаточно высокой эффективности процесса при эксплуатации фильтров с использованием принципа разделения фаз на избирательно проницаемой перегородке и промывкой обратным потоком жидкости, по мнению авторов, состоит в ограниченных возможностях заказчика по поддержанию требуемого качества исходной жидкости. Значительные колебания технологических свойств исходной жидкости в части концентрации и предельных размеров загрязняющих частиц механических примесей, имеющие сезонно-климатическое и производственное происхождение, существенно сокращают длительность интервала между обслуживанием и являются причиной снижения ресурса фильтров.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель исследования – разработка технологий очистки жидкости от механических примесей и создание высокоэффективных устройств, минимально подверженных негативному влиянию отклонения параметров частиц примесей очищаемой жидкости на выходные показатели и обеспечивающих требуемый качественный уровень процесса.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из перспективных методов достижения поставленной цели является применение очистителей, действие которых основано на принципе разделения фаз потока в силовых полях. Авторами проекта разработаны теоретические основы [1–3] и предложены оригинальные конструкции гидродинамических и центробежных саморегенерирующихся фильтров и многостадийных систем очистки жидких сред от взвешенных примесей, использующие в качестве интенсифицирующего фактора центробежные силы и силы инерционной природы.

В ходе теоретических исследований были получены аналитико-численные решения задачи по определению поля скоростей жидкости и траекторий движения частиц примесей в рабочей области предложенных устройств очистки, а также установлено, что регулированием соотношения расхода потока и его начальной закрутки в зоне подачи можно в широких пределах изменять скорость осаждения, эффективность разделения частиц примесей основным несущим потоком с целью повышения тонкости и качества очистки фильтруемой жидкости.

Результаты исследований и физико-математического моделирования процесса разделения фаз потока «жидкость – частицы» прошли успешную апробацию в специализированных печатных изданиях [1–4], докладывались на тематических конференциях и положены в основу разработанных научно-производственной фирмой «Хорин» оригинальных конструкций фильтров и систем очистки жидкости от механических примесей.

В конструкции фильтра тонкой очистки жидкости серии ФТОЖ (рис. 1) применен принцип последовательной очистки жидкости с использованием различных способов.

Исходная жидкость по входному патрубку поступает внутрь камеры 8, где задерживаются крупные частицы и легкие взвеси, проходит через ячейки фильтроэлемента предварительной очистки с внутренней стороны на наружную. После грубой очистки жидкость с частицами меньших размеров поступает через горловину 3 в камеру гидродинамического очистителя. В очистителе фильтру-

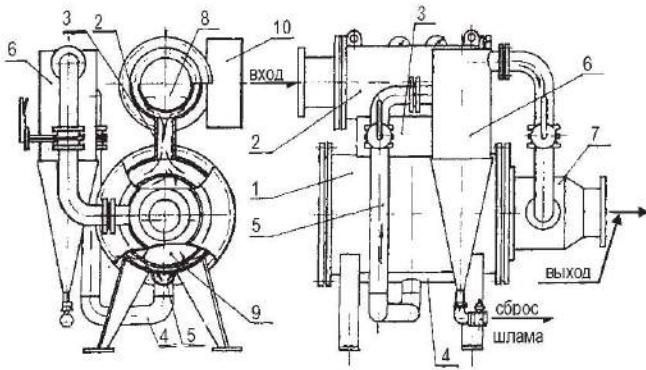


Рисунок 1 – Фильтр очистки жидкости серии ФТОЖ

емая жидкость проходит через ячейки фильтроэлемента с наружной стороны внутрь камеры фильтрата 9. В это время частицы механических загрязнений остаются с наружной стороны фильтроэлемента и непрерывно смываются с его поверхности частью потока фильтруемой жидкости, затем сбрасываются в накопитель шлама 4. Очищенная жидкость из камеры фильтрата 9 через эжектор 7 и выходной патрубок подается потребителю.

Сгущенная суспензия (жидкость + частицы) из накопителя шлама 4 поступает на доочистку по трубопроводу 5 в гидроциклон 6. В гидроциклоне суспензия разделяется на чистую жидкость и частицы, затем очищенная жидкость эжектируется основным потоком фильтрата из гидроциклона к потребителю, а частицы примесей разгружаются через песковую насадку к месту утилизации или в специальный отстойник. Тонкость очистки в очистителе и гидроциклоне рассчитывается одинаковой. Для автоматического открывания и дистанционного закрывания по датчику перепада давления байпасной задвижки и сигнализации ее открытого состояния предусмотрена система управления 10.

Промышленные испытания фильтров серии ФТОЖ подтвердили высокую их эффективность при установке в линии очистки оборотной воды металлургических комбинатов, системах подпитки свежей водой потребителей ТЭЦ, технологической линии очистки амина завода по переработке природного газа. Стабильный перепад давления на фильтроэлементе поддерживался в диапазоне загрязненности исходной среды частицами примесей порядка 1 % по массе и более. Конструктивные особенности фильтров серии ФТОЖ позволили снизить потери очищаемой жидкости на промывку до уровня 1,5–3 %.

Для решения задач эффективной очистки рабочих сред вне зависимости от степени их исходной загрязненности как механическими, так и нефтепримесями предлагается конструкция фильтра тонкой очистки жидкости центробежного типа серии ФТОЖц (рис. 2).

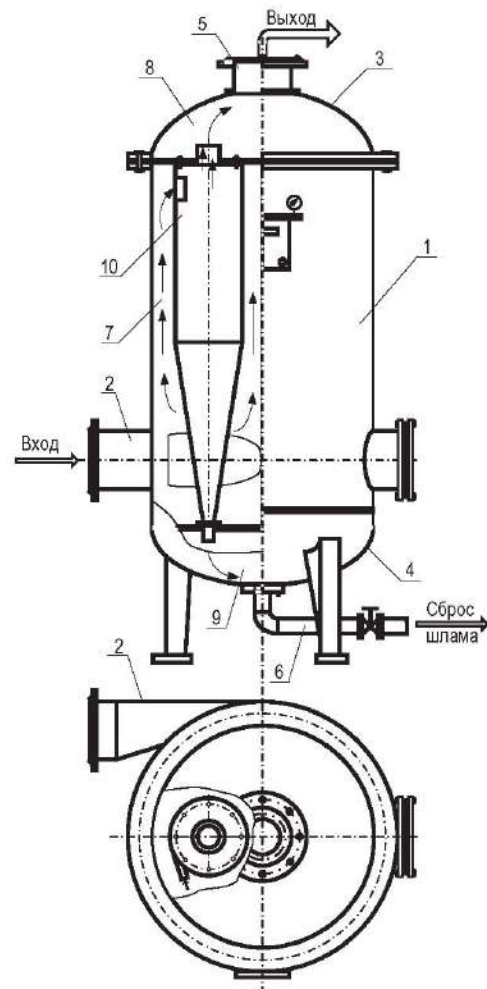


Рисунок 2 – Фильтр очистки жидкости серии ФТОЖ

Устройство содержит цилиндрический корпус 1 с тангенциально расположенным входом 2, верхнее 3 и нижнее 4 эллиптические днища, патрубки 5 отвода очищенной жидкости и 6 сброса шлама. Внутренний объем фильтра конструктивно разделен на камеры: исходной жидкости 7, фильтрата 8 и шлама 9. Во внутренней полости корпуса 1 установлены гидроциклоны 10.

В процессе работы фильтра закрученный поток в камере исходной жидкости 7 поступает через тангенциально расположенные входные патрубки гидроциклонов 10 и приобретает интенсивное вращательное движение. Под действием центробежной силы тяжелые и крупные зерна отбрасываются к стенке корпуса гидроциклона и, продвигаясь по ней вниз, разгружаются через песковые насадки в камеру для шлама 9, откуда сбрасываются с частью жидкости через патрубок 6. Основная масса жидкости (фильтрат) разгружается через выходные патрубки гидроциклонов в камеру фильтрата 8 и через патрубок отвода очищенной жидкости 5 поступает к потребителю. Удаление уловленных загрязнений из шламовой полости фильтра 9 может выполняться как в непрерывном режиме, так и в режиме периодической промывки по сигналу таймера пульта управления.

Включение фильтра ФТОЖц-2500 в линию очистки оборотной воды процессов гидросбива и закалки листа стана 3000 ТЛЦ-2 ОАО «Алчевский меткомбинат» позволило снизить загрязненность воды механическими примесями в 4–5 раз и довести ее до уровня технологических норм.

В табл. 1 представлены технические параметры типового ряда промышленных фильтров серий ФТОЖ и ФТОЖц, разработанных с учетом специфики решаемых задач.

Приведенный ряд гидродинамических и центробежных фильтров и систем очистки охватывает диапазон производительности от 5 до 5000 м³/час с номинальной тонкостью очистки от 10 до 500 мкм. Рассмотренные

устройства имеют широкий диапазон плавного регулирования качественных показателей процесса очистки относительно номинального режима работы. При этом отрицательное влияние колебаний начальной загрязненности взвесями практически сведено к минимуму.

Разработанные конструкции систем очистки с использованием гидродинамического (ФТОЖ) и центробежного (ФТОЖц) принципов разделения фаз потока содержат ноу-хау и защищены патентами Украины.

На рисунках показаны партия промышленных фильтров ФТОЖ-150 перед отправкой заказчику (рис. 3) и линия фильтров ФТОЖц-2500, установленная в ТЛЦ-2 ОАО «АМК» на стане 3000 (рис. 4).



Рисунок 3 – Фильтры ФТОЖ-150



Рисунок 4 – Фильтры ФТОЖц-2500

Таблица 1 – Техническая характеристика фильтров серий ФТОЖ и ФТОЖц

Наименование	Пропускная способность, м³/час	Тонкость очистки, мм	Регулируемый перепад давления на фильтре, МПа	Давление в сети, МПа	Габариты (не более), мм l × b × h	Масса (не более), кг
Фильтры тонкой очистки жидкости (гидродинамические)						
ФТОЖ-75	25–75	0,1–0,5	0,01–0,05	0,2–1,5	800×500×800	120
ФТОЖ-150	50–150	0,1–0,5	0,01–0,05	0,2–1,5	1200×850×1300	300
ФТОЖ-300	100–300	0,1–0,5	0,02–0,06	0,2–1,5	1400×1200×1400	500
ФТОЖ-600	300–600	0,15–0,5	0,02–0,06	0,2–1,0	1600×1400×1800	750
ФТОЖ-1200	600–1200	0,15–0,5	0,02–0,06	0,2–1,0	2200×1600×2000	1800
ФТОЖ-2500	1200–2500	0,15–0,5	0,02–0,08	0,2–1,0	2800×1800×2300	3200
Фильтры тонкой очистки жидкости (центробежные)						
ФТОЖц-25	5–25	0,01–0,02	0,02–0,06	0,1–0,6	350×270×800	80
ФТОЖц-75	25–75	0,02–0,04	0,02–0,06	0,1–1,0	350×273×900	160
ФТОЖц-150	50–150	0,03–0,06	0,02–0,06	0,1–1,0	550×426×1500	320
ФТОЖц-300	100–300	0,06–0,08	0,02–0,06	0,1–1,0	1200×1020×2500	500
ФТОЖц-600	200–600	0,08–0,15	0,02–0,08	0,2–0,8	1500×1020×2500	800
ФТОЖц-1200	400–1200	0,1–0,2	0,02–0,08	0,2–0,8	1600×1220×2800	2500
ФТОЖц-2500	1000–2500	0,1–0,3	0,02–0,08	0,2–0,8	2200×1820×3500	3800
ФТОЖц-3500	2000–3500	0,2–0,4	0,1–0,15	0,2–0,8	2800×2600×5200	6500
ФТОЖц-5000	3000–5000	0,2–0,4	0,1–0,15	0,2–0,8	3200×3000×5600	8000



## ВЫВОДЫ

Благодаря реализованным в конструкции фильтров принципам динамической очистки жидкости рассмотренные устройства имеют ряд преимуществ перед более дорогими зарубежными аналогами. Внедрение их в состав системы водоподготовки предприятия позволит упростить технологическую схему, повысить стабильность работы системы в целом и надежность защищаемого ею оборудования даже при значительных колебаниях параметров питающей линии.

Важным показателем качества и эффективности работы фильтров является успешная их эксплуатация на ведущих промышленных предприятиях России и Украины [5], среди которых ОАО «Алчевский меткомбинат», ОАО «Азовсталь», ООО «ЛиНОС» (Лисичанский нефтеперерабатывающий завод), ОАО «ММК им. Ильича», ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат», ОАО «Астраханьгазпром», а также другие предприятия.

Результаты проводимых научных исследований и конструкторских разработок являются основой для дальнейшего совершенствования параметров работы фильтров.

Надано варіанти конструктивного виконання оригінальних промислових фільтрів тонкого очищення рідини від механічних домішок. Викладено принцип роботи та наведено основні технічні параметри.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Харитонов В.П. Новые возможности высокоскоростного фильтрования в системах очистки воды от механических примесей / В.П. Харитонов // Сб. науч. тр. – Алчевск : НИПКИ «Параметр» при ДГМИ, 1998. – С. 23–37.
2. Рагулина Т.В. Высокопроизводительные системы очистки жидких сред в горно-металлургических переделах. / Т.В. Рагулина, В.П. Харитонов // Зб. наук. праць Національної гірничої академії України. – 2002. – Т. 3, № 13. – С. 85–88.
3. Харитонов В.П. Аналитико-численный расчет гидродинамических параметров систем очистки большой производительности. / В.П. Харитонов, Г.А. Харитонova, В.В. Белоусов // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов : сб. науч. тр. XI междунар. научн.-техн. конф., 2003. В 4-х т. – Т. 4. – Харьков : ЧП Северская, 2003. – С. 842–847.
4. Харитонов В.П. Ресурсосберегающая система очистки технической и оборотной воды от механических и техногенных примесей. / В.П. Харитонов, Т.В. Рагулина, В.В. Белоусов // Вісник Сумського державного університету. – 2003. – № 12 (58). – С. 159–162.
5. Водогосподарський комплекс України. Загальноукраїнський проект. – Київ: Український видавничий консорціум, 2006. – Вип. 1. – С. 110.

*Поступила в редакцію 10.04.2009*

The design variants of original thin-clearing industrial filters for liquid clearing against mechanical impurities are presented, the principle of their work is stated, the basic technical parameters are resulted.