

2023 г. заменено свыше 1300 километров, что свидетельствует о масштабном подходе к модернизации инфраструктуры [4].

В совокупности принятые меры, нормативно-правовая база и стратегические программы в сфере ЖКХ способствуют устойчивому развитию водных ресурсов Республики Беларусь и обеспечивают высокое качество питьевой воды для населения. Конституционные гарантии и специализированное законодательство, включая Водный кодекс РБ, создают прочную основу для рационального использования и охраны водного фонда страны. Реализация масштабных проектов, таких как перевод Минска на подземное водоснабжение, а также последовательное обновление инфраструктуры, позволили Беларуси занять уверенные позиции в международных рейтингах по безопасности водоснабжения. Дальнейшее совершенствование систем водоснабжения и интеграция экологических, технических и управленческих решений будут способствовать укреплению статуса страны как лидера в сфере обеспечения качественной питьевой водой и станут важным элементом стратегии устойчивого развития в условиях.

Литература:

1. Конституция Республики Беларусь // Минск : Национальный центр правовой информации Республики Беларусь, 2024. – 80с.

2. О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2025. Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22200091>. – Дата доступа : 24.03.2025.

3. Водный Кодекс Республики Беларусь // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2025. Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=Hk1400149>. – Дата доступа : 24.03.2025.

4. Чистая вода - богатство. Как в Беларуси сохраняют ценный ресурс // БелТА [Электронный ресурс]. – 2025. Режим доступа : <https://belta.by/society/view/chistaja-voda-bogatstvo-kak-v-belarusi-sohranjajut-tsennyj-resurs-688298-2025/>. – Дата доступа : 24.03.2025.

УДК 574+ 628.2(07)

РАЗРАБОТКА ГИДРОЦИКЛОНА С РЕГУЛИРОВАНИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СИЛЫ

Галиахметов Р.Л., обучающийся
Научный руководитель Мингазетдинов И.Х.

**Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ**

Рассматривается конструктивная схема гидроциклона с винтовым закрученным каналом, позволяющая регулировать проходные сечения канала при изменении расхода очищаемой воды. Приводятся теоретические соотношения для выбора конструктивных параметров устройства.

Ключевые слова: центробежная очистка, фактор разделения, виды течения, регулирование.

Очистка загрязненных промышленных сточных вод от загрязняющих веществ является важной экологической задачей. Решение этой задачи осуществляется в разработке систем очистки, состоящей из нескольких этапов и методов очистки (механические, физико-химические, химические, биологические и др.). В любой системе очистки на первых этапах наиболее широкое применение находит очистка от взвешенных веществ в поле действия центробежных сил. Используются напорные гидроциклоны с тангенсальным подводом исходной воды, которые могут применяться как один из этапов системы очистки, так и в виде самостоятельного устройства в некоторых технологических процессах для оборотного водоснабжения (например, строительной индустрии).

В работе [1] приведены характеристики различных гидроциклонов, определяющим показателем которых является производительность G [$\text{м}^3/4$], в зависимости от которой выбирается типоразмер, с диаметром $D_{\text{ц}}$ корпуса [мм].

Привязка размера гидроциклона $D_{\text{ц}}$ к производительности очистки G определяется двумя факторами, действующими взаимно противоположно. С одной стороны, если для конкретного типа размера гидроциклона $D_{\text{ц}}$ поступает вода больше запланированной производительности, то это будет выгодно с точки зрения эффективности очистки, т.к. центробежная сила возрастает, исходя соотношения [1].

$$F_{\text{цс}} = \frac{m_{\text{ч}} * v^2}{r} \quad (1)$$

где $F_{\text{цс}}$ - центробежная сила, $m_{\text{ч}}$ - масса частицы взвешенного вещества, v - скорость потока в циклоне, $r = D/2$ - радиус вращения потока.

При фиксированном значении r с увеличением скорости потока v эффективность сепарации загрязняющих веществ возрастает в степени v^2 . Однако, при возрастании скорости потока, существенно возрастают потери полного давления внутри аппарата (путевые потери), определяемые по формуле Дарси [2]

$$\Delta P = \frac{\lambda * l * \rho * v^2}{2 * D} \quad (2)$$

где ΔP - потери напора, D - диаметр, λ - коэффициент потерь, l - длина тракта, ρ - плотность жидкости.

При больших скоростях течения в аппарате будет турбулентным коэффициентом потерь определяться по формуле Женера [3]

$$\lambda = 0,16/Re^{0,16} \quad (3)$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \quad (4)$$

где μ – динамический коэффициент вязкости.

Критерий Ренольда характеризует режим течения жидкости, и при больших числах ($Re > 2300$) поток является турбулентным, при котором действует квадратичный закон сопротивления:

$$\Delta P \sim v^2 \quad (5)$$

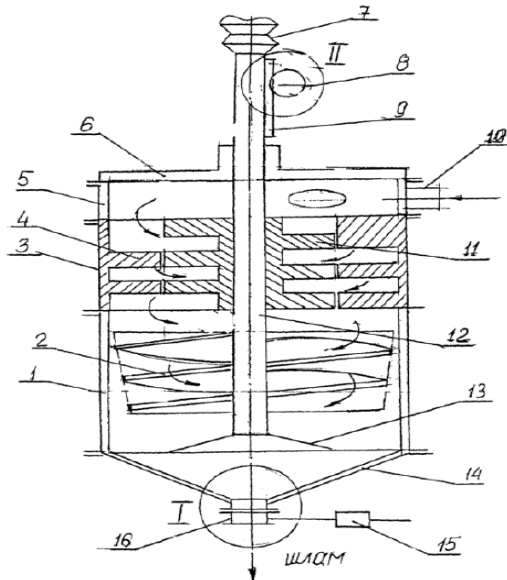
Исходя из этого, использование конкретного гидроциклона при расходах, больше проектного, приводит к значительным энергетическим и экономическим затратам.

Если использовать гидроциклон при расходах, меньше проектных значений, то по соотношению [1] центробежная сила будет меньше, и эффективность очистки будет существенно снижаться.

В реальных условиях производства объем загрязненных сточных вод, исходя из технологических задач, может изменяться в определенных пределах, поэтому разработка регулируемого гидроциклона представляется актуальной. Важно отметить, что необходимо регулировать величину центробежной силы $F_{цс}$, а не скорость поступления воды в аппарат. Скорость воды во входном тангенциальном патрубке можно регулировать, просто дросселировать вентилем на воде. В этом случае будут изменяться местные потери на внезапные расширения, а скорость в соотношении [1] будет меньше номинального значения. Кроме того, большим недостатком существующих гидроциклонов, является отсутствие регулирования площади сливного патрубка в зависимости от исходной концентрации взвешенных веществ в очищаемой воде. При малых концентрациях загрязнителя, через сливной патрубок будет сливаться много чистой воды. При больших концентрациях через нижний патрубок будет сливаться не вся загрязненная фракция, а часть ее будет оставаться в воде и качество очистки будет снижено. Для решения этой задачи и рационального регулирования процесса очистки в гидроциклоне при различных расходах очищаемой воды, разработан винтовой гидроциклон.

Устройство представляет собой цилиндро-конический, в верхней части которого расположен винтовой канал. Над винтовым каналом имеется напорная камера с патрубком тангенциального подвода исходной воды. Внутри корпуса находится подвижный поршень, расположенный коаксиально корпусу,

на котором выполнены винтовые каналы расположенные в зоне винтовых каналов корпуса. Каналы на поршне с тем же шагом и направлением, что и на корпусе образующие единый винтовой канал. Винтовой поршень расположен на вертикальной полой отводной трубе, которая имеет механизм перемещения по вертикали в виде реечной или червяной передачи (Рис.1).



1 - корпус, 2 - винтовой шнек, 3 - корпус винтовых каналов, 4 - винтовые каналы, 5 - напорная камера, 6 - крышка, 7 - гибкий элемент(сильфон), 8 - зубчатое колесо, 9 - зубчатая рейка, 10 - патрубок подвода загрязненной воды, 11 - винтовой поршень, 12 - патрубок отвода чистой воды, 13 - отражатель, 14 - днище, 15 - гидроцилиндр регулирования проходного сечения патрубка отвода шлама, 16 -патрубок отвода шлама,

Рис.1 - Винтовой гидроциклон[4]

На отводной трубе, ниже винтового поршня расположен винтовой шнек, совпадающий с направлением винтового канала поршня. Винтовой шнек выполнен с переменным наружным диаметром витков, с убыванием от верхнего витка к нижнему. На нижнем срезе отводной трубы расположен отражатель.

Корпус гидроциклона в нижней части имеет коническое днище, в центре которого расположен патрубок отвода шлама. Диаметр проходного сечения патрубка отвода регулируется упругой манжетой, в полости которой находится жидкая среда (масло). Изменяя давление в полости манжеты от гидроцилиндра можно регулировать диаметр проходного сечения, в зависимости от исходной концентрации загрязняющих веществ в очищаемой воде. До начала эксплуатации конкретного винтового гидроциклона, необходимо опытным путем определить гидравлические характеристики установки при различных расходах и начальных концентрациях загрязнителей в воде. По опытным данным строится номограмма (рис 2).

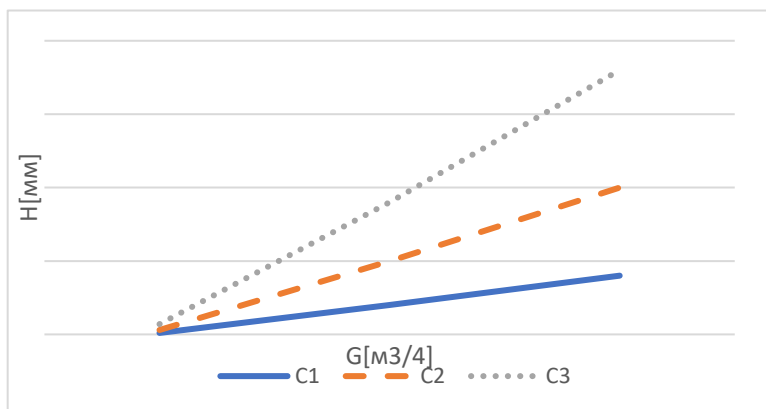


Рис.2 – Зависимость положения регулируемого поршня от исходных данных очищаемой воды

Здесь H - положение регулируемого поршня по предварительно проградуированной шкале, в диапазоне проектных значений, при различных исходных концентрациях загрязнителей C_1 , C_2 , C_3 . Одновременно с установлением положения винтового поршня H_i , используя гидроцилиндр, устанавливают необходимое гидравлическое давление внутри манжеты патрубка отвода шлама, таким образом, чтобы объем удаляемого шлама составлял 3%-5% от исходного расхода очищаемой воды. После исходной настройки аппарата приступают к процессу очистки. Исходная загрязненная вода поступает в напорную камеру через тангенциальный патрубок, закручивается и закрученный поток воды поступает в винтовое пространство, образованное каналами корпуса и поршня. Протекая по винтовому тракту жидкость приобретает необходимое вращение, обеспечивая $F_{цс}$ по формуле (1). Закрученный поток истекает из винтового канала и попадает в пространство корпуса, где движется между лопастями винтового шнека, сохраняя вращательное движение. Именно между лопастями шнека происходит сепарация взвешенных веществ и воды. Взвешенные компоненты отбрасываются к стенке корпуса и сгущаясь, сползают вниз. Толщина слоя пристеночного шлама увеличивается, однако уменьшение наружных диаметров витков шнека не нарушает целостности пристеночного шлама. Далее, шлам через отрегулированную манжету, удаляется из аппарата, а очищенная вода, по центральному отводному патрубку поступает в следующую ступень очистки, или, при оборотной системе, возвращается в повторный технологический цех

Таким образом, разработанное устройство центробежной очистки позволяет использовать аппарат для широкого диапазона расходов очищаемой воды, обеспечивая необходимое качество очистки.

Литература:

1. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. Т.2., Издательство Н. Бочкаревой 2003. 884с.
2. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Учебник. Под ред. В. Г. Айнштейна. М; Логос; Высшая школа, 2003. – 1912 с.
3. Чефанов В. М. Расчет гидравлических систем. Учебн. пособие. Казань, «Экоцентр», 2009.– 72с.
4. Регулируемый гидроциклон. Мингазетлинов И.Х и др. Патент на изобретение №2761550. Бюл. №34 от 09.12.2021

УДК 621.039.58

МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Глинская Е. Е., студент

Научный руководитель Рудой А.А.

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь

В статье рассматривается влияние Белорусской АЭС на окружающую среду, включая методы мониторинга и контроля экологических рисков. Также анализ и разбор политики в сфере охраны окружающей среды.

Ключевые слова: Белорусская АЭС, охрана окружающей среды, экосистема, мониторинг.

В соответствии с указом Президента Республики Беларусь от 12 ноября 2007 года № 565 «О некоторых мерах по строительству атомной электростанции», в декабре 2007 года было создано государственное учреждение «Дирекция строительства атомной электростанции». Указом Президента Республики Беларусь от 30 декабря 2013 года № 583 «О реорганизации государственного учреждения «Дирекция строительства атомной электростанции» учреждение реорганизовано в республиканское унитарное предприятие «Белорусская атомная электростанция» (Государственное предприятие «Белорусская АЭС»).

По результат отчета экологического мониторинга в зоне наблюдения Белорусской АЭС можно выделить следующее: Белорусская АЭС представляет собой 2-х блочную атомную станцию внутри которой установлен реактор В-491. Мощность энергоблока ВВЭР-1200 достигает 1194МВт. Месторасположение Белорусской АЭС определены инженерно-