

УДК 626.82:622.755

## Использование эжекторных и гидроциклонных устройств в системах подъема воды и мини ГЭС

Алдияр Сабыржан, магистрант

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева,  
(Казахстан, Алматы)

**Аннотация.** В статье представлен анализ некоторых примеров использования эжекторных и гидроциклонных устройств в системах подъема воды и малой ГЭС. На основе обсуждения сделано заключение о перспективности применения аналогичных разработок в различных отраслях экономики и технологичности их при эксплуатации.

**Ключевые слова:** скважина, погружной насос, эжектор, гидроциклон, очистка, испытание.

**Abstract.** The article presents an analysis of some examples of the use of ejector and hydrocyclone devices in systems of lifting water and small hydro power plants.

On the basis of the discussion, a conclusion was made about the prospects for the use of similar developments in various sectors of the economy and their manufacturability in operation.

**Keywords:** well, submersible pump, ejector, hydrocyclone, cleaning, testing.

Как известно, в Республике Казахстан с начала 2000 годов на уровне государственной поддержки реализовываются конкретные мероприятия по устойчивому обеспечению населения питьевой водой в необходимом количестве и гарантированного качества.

Реализовываемая в настоящее время продолжение программы по водоснабжению и водоотведению «Акбулак» на 2011-2020 годы охватывает как городских, так и сельских объектов водоснабжения [1].

В составе целевых индикаторов указанной программы предусмотрены также обеспечение подземной водой более 3000 сельских населенных пунктов, путем строительства новых и восстановления существующих водозаборных скважин.

В этих целях производится поиск и освоение более перспективных разработок по улучшению работоспособности водозаборных скважин.

Одним из новых эффективных устройств для очистки труб сооружения от коррозии и механических отложений является эжекторно-механическое устройство активного действия [2].

Необходимость его разработки связана с тем, что эксплуатируемые простые механические ерши и скребки удобны в эксплуатации, но не обеспечивают необходимой степени очистки (не более 50..60 %) из-за пассивности рабочего процесса и требуют дополнительного источника энергии для проведения восстановительных работ. Для выноса снятых коррозионных отложений к наружу скважины необходимо осуществить до 15..20 спускоподъемных операций.

При усовершенствовании за основу принят эжекторный водоподъемник с дополнительным механическим приспособлением для очистки.

Устройство состоит из эжекторного водоподъемника, металлической щетки, мусорозахватывающей тарелки, ротационного двигателя, приводного вала, пульпоподъемной и воздухоподводящей труб (рис.1).

Для привода механизма зачистки из металлических щеток выбран ротационный пневмодвигатель, т.к. он по сравнению с вращательным, ударным и ударно-вращательным пневмодвигателями имеет небольшие габариты и большую удельную мощность. В нижней части ротационного двигателя, для улучшения воздухоотделения, предусмотрены воздухопропускные отверстия, перекрытые

резиновым кожухом, которые открываются под давлением компрессора при работе. Все узлы устройства собираются на поверхности и с помощью подъемно-транспортной установки опускаются в скважину на необходимую глубину, требующей восстановления.



Рис.1 Общий вид эжекторно-механического устройства для очистки труб от механических отложений

Устройство работает следующим образом. При включении компрессора воздух подается под необходимым давлением в эжекторный водоподъемник и ротационный двигатель. Под действием воздушного потока вращается ротор ротационного двигателя и соединенный с ним приводной вал металлической щетки. Снятые с внутренней поверхности отложения накапливаются на мусоросборной тарелке и вместе с водой засасываются эжектором и транспортируются на поверхность земли.

Основным достоинством устройства является то, что оно после завершения очистки может работать как водоподъемник. Для этого необходимо снять механическую часть рабочего органа и закрутить пробку. Опыт показал, что испытываемое эжекторно-механическое устройство вполне пригодно для очистки внутренней поверхности труб от коррозии. Установлено, что с увеличением давления на входе и повышением скорости вращения происходит улучшение качества очистки и функционирования устройства.

Известно также работа эжекторного (гидроэлеваторного) устройства для подъема пульпы из водосборных колодцев [3].

Конструктивная схема такого сооружения в отличие от других включает базовый центробежный насос, гидроэлеватор и гидроциклон, расположенные в замкнутой гидравлической цепи. Такая компоновка позволяет обеспечить совместную работу с водосборным колодцем и тем самым снижать степень заиливания его механическими отложениями при эксплуатации.

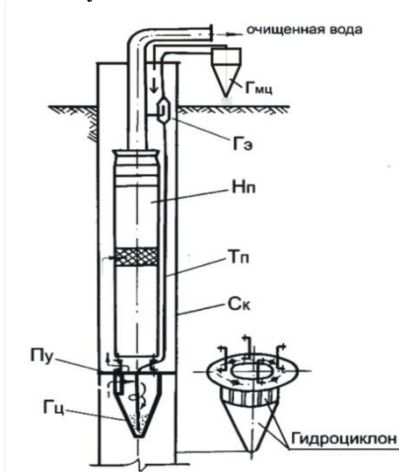
Опытные данные показывают, что с увеличением коэффициента эжекции повышается эффективность грунтозабора до 5,5 м<sup>3</sup>/квт. Однако наличие критического коэффициента эжекции в пределах 0,85-0,95 не позволяет дальнейшее повышение эффективности и потому данный предел необходимо принимать за расчетный при проектировании и эксплуатации.

Рациональный режим эжектирования обеспечивается при расстоянии рабочего насадка относительно входа в камеру смешения не менее –

$(0,8-1,0) d_{кс}$ , где  $d_{кс}$  – диаметр камеры смешения гидроэлеватора.

Разработанная в КазННТУ им.К.И.Сатпаева новая гидроциклонная установка на базе погружного насоса типа ЭЦВ предназначена для подъема воды из пескующих скважин [4].

В новой установке (рис.2), включающей электроприводный насос и соединенный с насосом посредством переходника гидроциклон, снабженный тангенциальными щелевыми отверстиями, сливной горловиной гидравлически связанной с входом насоса, в отличие от существующих, пульпоотсасывающая труба снабжена боковым мини-гидроэлеватором, работающего за счет напора погружного насоса, и гидроциклон – сгустителем с углом конусности 10-12°. Принцип работы новой установки заключается в следующем.



**Рис.2 - Гидроциклонная установка для подъема воды из пескующих скважин**

При пуске насоса Нп в работу жидкость с механическими примесями поступает через тангенциальные щелевые отверстия в гидроциклон Гц, т. к. ствол скважины Сс перекрыт пакерным устройством Пу. В гидроциклоне, всасываемая жидкость, за счет сильного вращательного движения, делится на жидкую и твердую фазы. Твердые частицы отбрасываются к вершине конуса и скапливаются в его устьевой части, а осветленная часть через сливную горловину гидроциклона отсасывается погружным насосом Пу и подается на поверхность потребителю.

При этом незначительная часть воды, просачиваясь через прорези гибкой манжеты, сохраняет ее в уравновешенном состоянии.

Накопившаяся масса из устьевой части эжектируется по пульпоотсасывающей трубе Тп мини-гидроэлеватором Гэ на поверхность, минуя насос. Энергия струи, вылетающей из нижнего прямого насадка, облегчает всасывание и транспортирование массы. Ее поднимаемая часть в гидроциклон-сгустителе Гмц повторно подвергается очистке и очищенная вода обратно подается в скважину, а твердые примеси сбрасывается в отвал.

Все элементы насосной установки съемные и не требуют конструктивного изменения базового насоса типа ЭЦВ.

Методика расчета гидроциклонной водоочистной установки подробно изложена в работе [5].

Как видно из этой методики, при расчете насосно-силовое оборудование гидроциклонной установки подбирается исходя из технологических параметров и условия, что оно должно обеспечивать суммарный расчетный расход воды насоса ( $Q_n$ ). Другим параметром, необходимым для подбора насоса, является потребный напор  $H_r$ .

Диаметр цилиндрической части гидроциклона:

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{Q_n}{0,13 \times k_1 \times \sqrt{\delta H}}}, \text{ мм (1)}$$

где  $k$  - опытный коэффициент размерности,  $k = 0,45-0,65$ ;

$\delta H$  - перепад давления жидкости при входе в гидроциклон и выходе из него, м.вод.ст. Обычно для гидроциклонов среднего и большего диаметров в зависимости от давления на входе,  $\delta H$  составляет  $(15.. 25)H_{в}$ ;

Эффективность работы расчетного гидроциклона с установленными размерами определяем по степени извлечения твердых частиц из потока. Для этого необходимо вычислить минимальную величину частиц в природной и сточной водах, которые могут быть выделены с помощью данного гидроциклона.

Необходимость улучшения технологической схемы малой ГЭС путем усовершенствования узла водообеспечения связана с тем, что наличие отстойников в существующих конструкциях приводят к увеличению затрат на строительство указанного узла до 25-30%.

Поэтому, в Казахском национальном исследовательском техническом университете имени К.И.Сатпаева предложен заменить отстойники малых ГЭС, работающие в горных условиях, на более компактные гидроциклоны для очистки воды (патент РК №25130 «Малая деривационная гидроэлектростанция», 2014). Это обеспечивает снижение вышеприведенных затрат до 7% [6].

Общий вид разработанной схемы малой ГЭС, снабженной гидроциклоном показан на рисунке 3.

Здесь расположение гидроциклона в приведенном варианте, взамен отстойников больших размеров и сложной конструкции, производится на донной части деривационного канала четырехугольной формы. При этом, вода с механическими примесями, перемещающиеся за счет скоростного напора в канале, попадает тангенциально в гидроциклон и очищается от твердых составляющих.



Рис. 3 - Узел расположения гидроциклонов в деривационном канале мини ГЭС

Очищенная часть, через верхний сливной патрубок, расположенный по направлению течения жидкости, попадает в канал и подается к рабочим насадкам гидротурбины. Смотровой колодец с размерами 2,7x1,1x1,8 м предназначен для обслуживания техниками

### Литература

1. Касымбеков Ж.К. О программе по водоснабжению и водоотведению «Акбулак» на 2021-2020 годы, реализуемой в Казахстане // Чистая вода: проблемы и решения, 2012, №3-4, с.43-46.
2. Ауланбергенов А.А., Касымбеков Ж.К., Касымбеков Г.Ж. Механизация очистки труб от коррозии и механических отложений // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009. № 9. с. 22-23.
3. Касымбеков Ж.К., Прутьянова Ю.О. Исследование гидроэлеваторного устройства для подъема пульпы из водосборных колодцев // Вода и экология: проблемы и решения. 2013. № 2 (54) с. 32-39.
4. Касымбеков Ж.К., Касымбеков Г.Ж., Туранкулова Г. Технологические и эксплуатационные показатели новой гидроциклонной установки на базе погружного насоса // Научные труды Sworld. 2015. т. 5. № 1 (38). с. 86-89
5. Касымбеков Ж.К., Прутьянова Ю.О. Расчет гидроциклонной водоочистной установки // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. 2007. т. 2. № 4. с. 86а-88.
6. Кубейсинова Н., Касымбеков Ж.К. Улучшение технологической схемы малой гЭС с использованием гидроциклонного узла водоочистки Молодежный научный форум: технические и математические науки. 2016. № 2 (31).

работу гидроциклона по сгущению массы и регулированию выноса ее из пескового отверстия, а также удалению (перемещению) ее по пескоотводящей трубе. Для того, чтобы обеспечить полноту поступления воды с мехпримесями в приемную камеру за гидроциклонами предусмотрен порог, высотой, равной высоте цилиндрической части гидроциклонного аппарата. Расположение направляющей трубы на уровне порога обеспечивает стабилизацию водообеспечения и позволяет улавливать некоторое содержание сплывающих примесей, если они прошли мимо гидроциклона и порога для их удерживания.

Применяемый гидроциклонный способ улавливания механических примесей имеет ряд существенных преимуществ перед другими способами очистки воды, в частности от отстойника. Затраты на их строительство снижаются от 25-30% (при отстойнике) до 7%. При необходимости могут быть заменены на новые или восстановлены в ходе эксплуатации малой ГЭС.