

УДК 622.648.2

*к.т.н. Козыряцкий Л. Н.
(ДонГТУ, г. Донецк, ДНР),
к.т.н. Рутковский Ю. А.,
к.т.н. Чебан В. Г.,
к.т.н. Рутковский А. Ю.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР),
Жудин П. Е.
(ЧП «АТЛАС», г. Алчевск, ЛНР)*

К ПРОБЛЕМЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ВЛИЯНИЯ КОЛЕБАНИЙ ДАВЛЕНИЯ НА РАБОТУ ЭРЛИФТНОГО ГИДРОПОДЪЕМНИКА С ЭЛЕМЕНТАМИ СТРУЙНОГО АППАРАТА ПРИ МАЛЫХ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ПОГРУЖЕНИЯХ СМЕСИТЕЛЯ

Показана целесообразность широкого применения эрлифтных и гидроэлеваторных установок во многих отраслях промышленности. Предложены новые конструктивные решения по созданию эффективных эрлифтных гидроподъемников с элементами струйных аппаратов и дополнительной всасывающей трубой. Рассмотрены проблемы наличия колебаний давления и пульсаций подачи в эрлифте и физические методы их устранения.

Ключевые слова: эрлифт, струйный аппарат, колебания давления, интерференция волн, гидроэлеватор.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Анализ существующих схем и средств водоотлива и очистки от твердого шахтных водосборных емкостей, а также удаления шлама из шламонакопителей, используемых в процессах металлургического производства, или золошлаков из тепловых электростанций показывает, что применение механических средств не позволяет устранить затраты тяжелого ручного труда; они имеют низкую надежность и, как следствие, не могут удовлетворить современным требованиям, предъявляемым к подобного рода устройствам.

Все большее распространение сейчас получает гидравлический способ очистки емкостей, используемых в промышленных производствах, важным достоинством которого является возможность одновременно выполнять одним гидротранспортным агрегатом операции по удалению отложившегося твердого осадка и откачке притока воды, как это имеет место в шахтных условиях.

Из средств гидромеханизированной очистки водосборных емкостей наиболее часто применяются эрлифты и гидроэлеваторы. Однако применение подобных уста-

новок ограничивается рядом факторов, в ряду которых наиболее существенным является необходимость в обеспечении значительного относительного погружения, которое должно быть не менее 0,15.

Востребованное применение эрлифтов и гидроэлеваторов в горнодобывающей, энергетической, металлургической и других отраслях промышленности обусловлено высокой надежностью и простотой, а следовательно, дешевизной изготовления, монтажа, обслуживания и эксплуатации, особенно при транспортировании абразивных гидросмесей.

Особенно следует отметить такие преимущества эрлифтов и гидроэлеваторов по сравнению с насосами (грунтовыми насосами):

а) отсутствие трущихся и вращающихся деталей в их составе;

б) эрлифт и гидроэлеватор представляют собой металлоконструкцию, не требующую применения литья и механической обработки;

в) при транспортировании гидросмесей обеспечивают высокую их консистенцию (до 25-30%, а иногда – до 70% по объему).

Основными недостатками эрлифтных и гидроэлеваторных установок является вы-

сокая энергоемкость рабочего процесса, низкий к.п.д. и преимущественно эмпирическая основа их моделирования.

Анализ исследований и публикаций. Существенное расширение областей использования эрлифтов и гидроэлеваторов за последние 70 лет обеспечили научно-исследовательские работы Донецкого национального технического университета [1-4].

Успешный опыт эксплуатации эрлифтов для очистки зумпфов на шахтах Донбасса, а также положительные результаты теоретических и экспериментальных исследований длительное время работающих эрлифтов, гидроэлеваторов, гидрокомпрессоров и других способов гидромеханизации позволили разработать основы проектирования и выработать практические рекомендации по использованию этих механизмов в различных отраслях промышленности [5, 6].

Постановка задачи. Цель работы – разработать конструкцию эрлифтов и гидроэлеваторов, обеспечивающую надежную и устойчивую работу в самых неблагоприятных условиях. К таким условиям должны быть отнесены:

- ограниченная глубина затапливаемой части (не более 3м), когда значение относительного погружения эрлифта составляет менее $\alpha < 0,15$;

- в случае необходимости практически полное (насухо) удаление гидросмеси из емкости;

- подающая часть гидроподъемника должна обеспечивать прохождение в нагнетательной трубе всей поступающей в емкость осевшей массы с кусками твердого материала наибольшей крупности;

- наличие подачи рабочей жидкости (воздуха – для эрлифта, воды – для гидроэлеватора), обеспечивающей в подводящей трубе к смесителю транспортную скорость для гидросмеси (не менее 1,4 м/с) [4].

Изложение материала и результаты. В предлагаемой конструкции смесителя эрлифта использовано явление, названное в

технической литературе принципом Вентури: при увеличении скорости потока давление уменьшается, и наоборот, давление увеличивается, если величина скорости уменьшается.

Эрлифтная установка (см. рис. 1), оборудованная смесителем с элементами струйного аппарата, содержит: подъемный трубопровод 7; воздухопровод 8, соединенный с цилиндрическим коллектором 2, на котором установлен конический сходящийся насадок 4 с основанием, выполненным в виде решетки 3; подводящую трубу 1, расположенную соосно с цилиндрической камерой смешения 5, камера которой содержит начальный участок 9 и переходной участок 6.

Выходное сечение подводящей трубы 1 расположено в одной плоскости с местом перехода конического сходящегося насадка 4 в начальный участок 9 камеры смешения и образует с ним кольцевую щель для впуска сжатого воздуха в камеру смешения.

Предложенная конструкция смесителя способствует упорядочению структуры и созданию рационального поля скоростей потока сжатого воздуха перед входом в кольцевую щель, позволяет использовать кинетическую энергию сжатого воздуха в кольцевой щели. Подсчитано, что при скоростях воздуха в кольцевой щели порядка 270-280 м/с у выходного сечения подводящей трубы 1 создается разрежение, в результате чего под действием возросшей разности давления у входа в подводящую трубу и на выходе из нее повышается подача эрлифтной установки в 1,4...2,7 раза. Благодаря высоким скоростям потока сжатого воздуха в основном конструктивном элементе смесителя – кольцевой щели – устраняется пульсирующий режим работы эрлифтной установки, вследствие чего в 2...3 раза снижается размах колебаний давления в подъемном трубопроводе, камере смешения в воздухопроводе, что повышает эксплуатационную надежность установки.

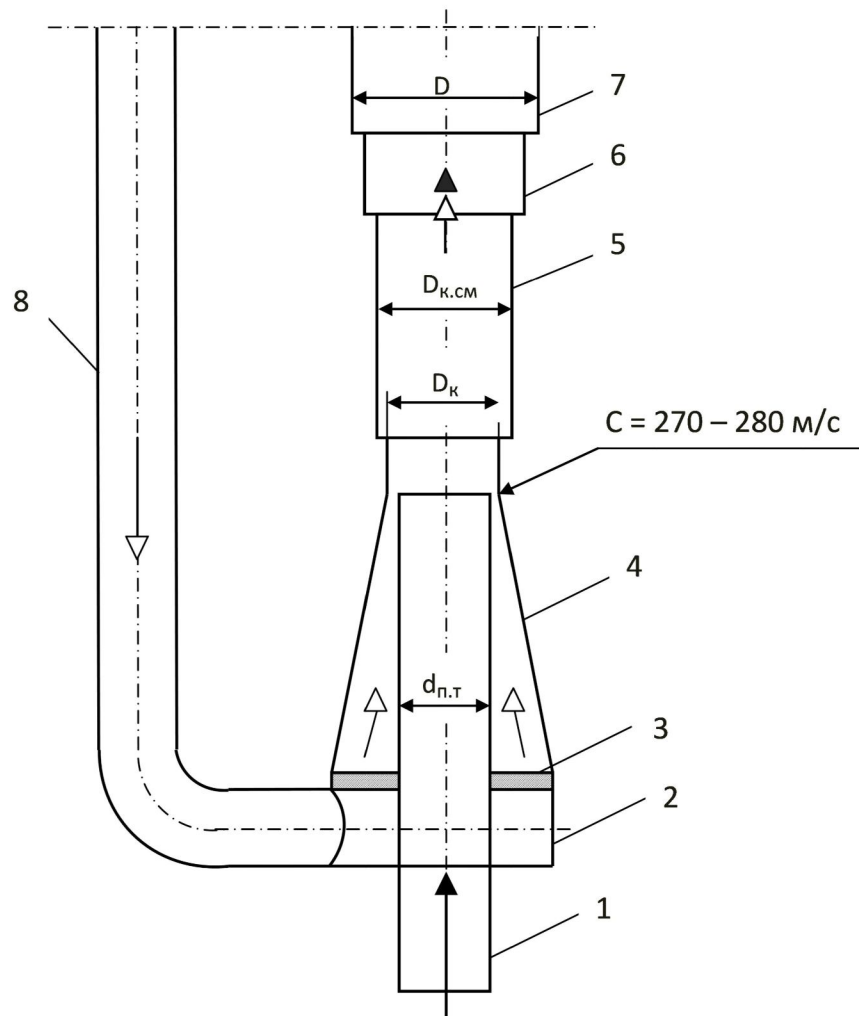


Рисунок 1 Схема смесителя с элементами струйного аппарата

Явление колебаний давления в подъемном трубопроводе и пульсирующей подаче еще недостаточно изучено. Сложность процесса и многообразие возмущающих факторов не дают пока возможности решения задачи полного гашения колебаний в эрлифте.

Наблюдениями установлено, что колебания расхода и давления имеют место по всей системе эрлифтной установки: в подводящей трубе, смесителе, подъемной трубе, воздухоотделителе и воздухопроводе. Интенсивность колебательных процессов на отдельных режимах работы эрлифта может быть значительной. Распространяясь по системе, колебания оказывают вредное влияние на надежность крепления эрлифта, работу всасывающего устройст-

ва, воздухоотделителя, компрессоров и устройств регулирования. Кроме того, колебания приводят к увеличению гидравлических потерь и, следовательно, снижают к.п.д. эрлифтной установки. Поэтому для повышения эффективности работы эрлифта необходимо стремиться к уменьшению интенсивности колебательных процессов. В особенности это касается смесителя, где встречаются и перемешиваются среды разной плотности и упругости.

Экспериментально установлено, что интенсивность и характер колебаний в эрлифтной установке зависит от ее параметров и рабочего режима. Как показали исследования [5], при работе эрлифта на восходящей ветви расходной характеристики на режимах, соответствующих ма-

лым подачам, колебания имеют релаксационный (резко изменяющийся) характер. С увеличением подачи они переходят в «томсоновские» колебания (близкие к гармоническим), а с дальнейшим ростом подачи исчезают совсем [5].

Поэтому нужны дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования физических процессов, в результате которых возникают наблюдаемые при эксплуатации эрлифтов нежелательные четочные режимы работы.

Одним из вариантов частичного гашения колебаний в эрлифте является использование принципа наложения колеблющихся в противофазах смешивающихся потоков [2].

Для этой цели предложено подключить к смесителю параллельно с подводящей трубой 1 (рис. 2) дополнительную трубу 5, длина которой ℓ больше длины ℓ_1 подводящей трубы.

Экспериментально установлено оптимальное соотношение длин ℓ/ℓ_1 (рис. 2), находящееся в пределах 1...2, при этом уменьшается амплитуда колебаний давления в смесителе на всех режимах работы. При том же расходе сжатого воздуха подача эрлифтов с дополнительной трубой на 7...15% больше, чем у эрлифтов без нее.

Выводы и направления дальнейших исследований.

Эрлифтные установки, оборудованные смесителем с элементами струйного аппарата и дополнительной трубой успешно могут применяться для гидромеханизированной очистки зумпфов скиповых стволов и водозаборных колодцев насоса главного водоотлива, откачки притока воды из зумпфов клетевых стволов при геометрических погружениях смесителя менее 3 м и значениях относительных погружений $\alpha < 0,15$.

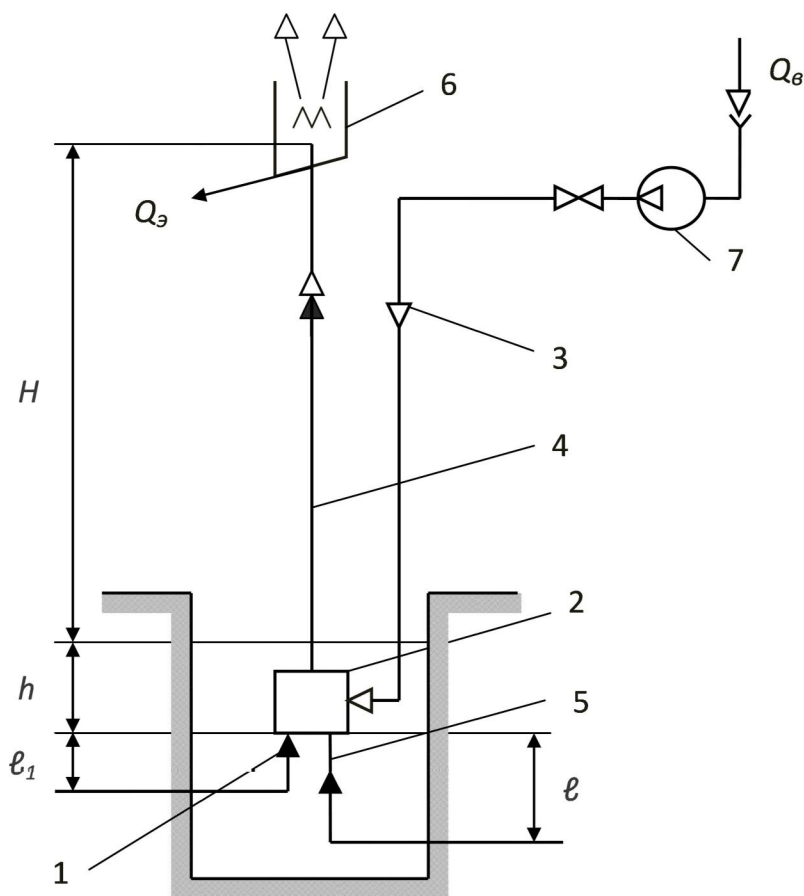


Рисунок 2 Схема эрлифта с дополнительной подводящей трубой

Они внедрены на ряде шахт производственных объединений «Донецкуголь», «Артемуголь». Однако на шахтах Луганского региона они пока отсутствуют, хотя для их изготовления не требуется капитальных затрат. Они могут найти применение на металлургических предприятиях для опорожнения шлаконакопителей и очистки других гидротехнических сооружений удаления шлака на ТЭЦ и в иных промышленных производствах.

Библиографический список

1. Энциклопедия эрлифтов [Текст] / Ф. А. Папаяни, Л. Н. Козыряцкий, В. С. Пащенко, А. П. Кононенко. — Москва : «Информ СвязьИздат», 1995. — 589 с.
2. Козыряцкий, Л. Н. Эрлифты и гидроэлеваторы в горной промышленности [Текст] / Л. Н. Козыряцкий, В. М. Моргунов, В. М. Яковлев, О. А. Геммерлинг. — Донецк : ДВНЗ «ДонНТУ», 2014. — 173 с.
3. Логвинов, Н. Г. Самовозбуждающиеся колебания в воздушных подъемниках [Текст] / Н. Г. Логвинов // Разработка месторождений полезных ископаемых. — Киев : Техника, 1973. — Вып. 31. — С. 59–65.
4. Гейер, В. Г. Эрлифтный зумпфовый водоотлив с малой относительной глубиной погружения [Текст] / В. Г. Гейер // Уголь Украины. — 1978. — № 9. — С. 35–37.
5. Усков, Е. В. Экспериментальные исследования колебательных процессов в секции эрлифта в кн. [Текст] / Е. В. Усков // Разработка месторождений полезных ископаемых. — Киев : Техника, 1977. — Вып. 48. — С. 42–46.
6. Малеев, В. Б. Специальные средства водоотлива и гидромеханизированной очистки шахтных водосборных емкостей [Текст] / В. Б. Малеев, Е. И. Данилов, В. М. Яковлев. — Донецк : ДПИ, 1986. — 36 с.
7. Методические рекомендации по применению средств механизации очистки шахтных водосборных емкостей. — ЦБНТИ Минуглепрома Украинской ССР, 1983. — 49 с.

© Козыряцкий Л. Н.
 © Рутковский Ю. А.
 © Чебан В. Г.
 © Рутковский А. Ю.
 © Жудин П. Е.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. МЧМ ДонГТУ Новохатским А. М.,
 главным конструктором ЦЛАМ ПАО «АМК» Малеванным В.В.*

Статья поступила в редакцию 18.11.16.

к.т.н. Козыряцкий Л. М. (ДонНТУ, м. Донецьк, ДНР), к.т.н. Рутковский Ю. О., к.т.н. Чебан В. Г., к.т.н. Рутковский О. Ю. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР), Жудин П. Є. (ПП «АТЛАС», м. Алчевськ, ЛНР)

ДО ПРОБЛЕМИ ВИНИКНЕННЯ ТА ВПЛИВУ КОЛИВАНЬ ТИСКУ НА РОБОТУ ЕРЛІФТНОГО ГІДРОПІДЙОМНИКА З ЕЛЕМЕНТАМИ СТРУМИННОГО АПАРАТУ ПРИ МАЛИХ ВІДНОСНИХ ЗАНУРЕННЯХ ЗМІШУВАЧА

Показана доцільність широкого застосування ерліфтних та гідроелеваторних установок в багатьох галузях промисловості. Запропоновані нові конструктивні рішення щодо створення ефективних ерліфтних гідропідйомників з елементами струминних апаратів та додатковою

всмоктувальною трубою. Розглянуті проблеми наявності коливань тиску та пульсацій подачі в ерліфті та фізичні методи їх усунення.

Ключові слова: ерліфт, струминний апарат, коливання тиску, інтерференція хвиль, гідроелеватор.

PhD Kozyriatskiy L. N. (DonNTU, Donetsk, DPR), PhD Rutkovskiy Yu. A., PhD Cheban V. G., PhD Rurkovskiy A. Yu. (DonSTU, Alchevsk, LPR), Zhudin P.E. (SP «ATLAS», Alchevsk, LPR)

THE PROBLEM OF OCCURRENCE AND INFLUENCE OF PRESSURE FLUCTUATIONS ON AIRLIFT HYDRAULIC JACK OPERATION WITH ELEMENTS OF JET DEVICE AT SMALL IMMERSION RATIO OF A MIXER

The expediency of wide application of airlift hydro-elevating machines in many industries is shown. There have been proposed new design solutions to create effective airlift hydraulic jacks with elements of jet devices and additional suction pipe. The problems of pressure fluctuations occurrence and supply fluctuations in the airlift and physical methods of their compensation have been studied.

Key words: airlift, jet device, pressure fluctuations, wave interference, hydraulic elevator.