

УДК 621.695 (088.8)

## КЛАССИФИКАЦИЯ ЭРЛИФТОВ

Козыряцкий Л.Н. канд. техн. наук, доц., Кононенко А.П. канд. техн. наук, доц., Мизерный В.И. инженер,  
Донецкий государственный технический университет

*Предложена классификация эрлифтов, используемых для транспортирования жидкостей и гидросмесей в горнодобывающей, энергетической и другой промышленности.*

*The classification airlifts, used for transportation liquids, and hydromixtures in mining, power and other industry is offered.*

Разнообразие областей использования эрлифтов, широкий диапазон их технических параметров и конструктивных решений определили необходимость выбора классификационных признаков, по которым возможно было бы дать конкретную характеристику проектируемого эрлифта.

Накопленный опыт подготовки технических заданий на создание эрлифтных установок и их проектирование определил следующие классификационные признаки (рис. 1):

- гидравлический;
- тип нагнетателя сжатого воздуха;
- конструктивный;
- схемный;
- вид транспортируемой среды;
- производственное назначение.

В гидравлическом плане подъемная труба эрлифта представляет собой обычный трубопровод длиной  $H+h$ , (где  $H$  – высота подъема,  $h$  – глубина геометрического погружения смесителя) и диаметром  $D$ , в котором при движении гидросмеси существует два вида потерь напора: потери по длине и потери на местные сопротивления. По аналогии с трубопроводными системами, в которых различают длинные и короткие трубопроводы, в работе [1] введено понятие длинного и короткого эрлифта, а в качестве критерия использовано соотношение потерь напора по длине  $H_{дл}$  и общих потерь напора  $H_{общ}$  (с учетом местных сопротивлений) и отношение давления в смесителе  $p_{см}$  к давлению на выходе из подъемной трубы  $p_{вых}$ . За базу принято  $H_{дл} \geq 0,8 \cdot H_{общ}$ .

Признаки классификации

Типы эрлифтов

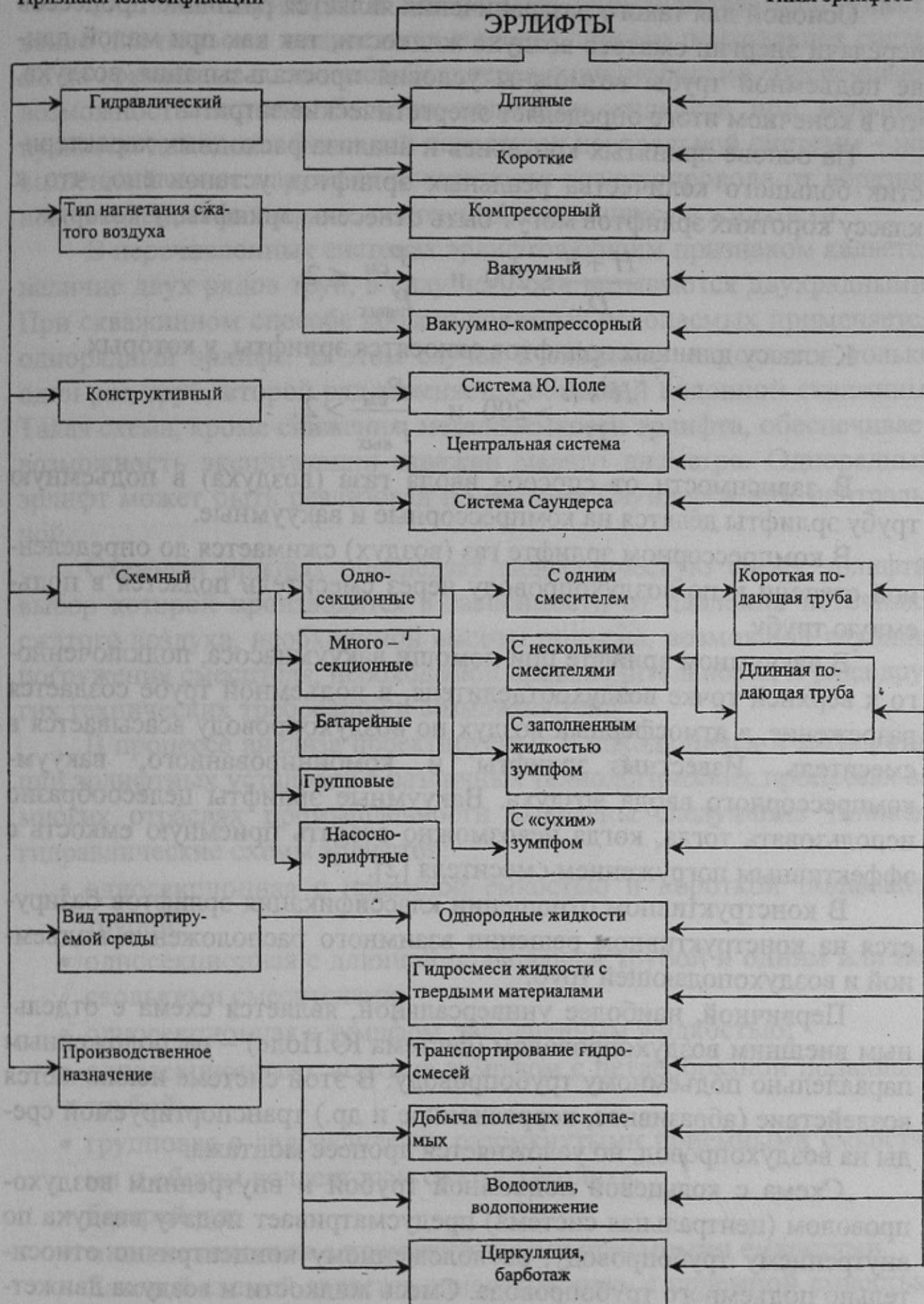


Рис. 1 Классификация эрлифтов

Основой для такого разграничения является различие процессов передачи энергии сжатого воздуха жидкости, так как при малой длине подъемной трубы возможны условия проскальзывания воздуха, что в конечном итоге определяет энергетические затраты.

На основе принятых критериев и анализа расходных характеристик большого количества реальных эрлифтов установлено, что к классу коротких эрлифтов могут быть отнесены эрлифты, у которых

$$\frac{H+h}{D} \leq 200 \text{ и } \frac{P_{см}}{P_{вых}} \leq 2.$$

К классу длинных эрлифтов относятся эрлифты, у которых

$$\frac{H+h}{D} > 200 \text{ и } \frac{P_{см}}{P_{вых}} > 2.$$

В зависимости от способа ввода газа (воздуха) в подъемную трубу эрлифты делятся на компрессорные и вакуумные.

В компрессорном эрлифте газ (воздух) сжимается до определенной степени и по воздухопроводу через смеситель подается в подъемную трубу.

В вакуумном эрлифте при помощи вакуумноса, подключенного к верхней точке воздухоотделителя, в подъемной трубе создается разрежение, а атмосферный воздух по воздухопроводу всасывается в смеситель. Известны эрлифты и комбинированного, вакуум-компрессорного ввода воздуха. Вакуумные эрлифты целесообразно использовать тогда, когда невозможно создать приемную емкость с эффективным погружением смесителя [2].

В конструктивном отношении классификация эрлифтов базируется на конструктивном решении взаимного расположения подъемной и воздухоподающей труб.

Первичной, наиболее универсальной, является схема с отдельным внешним воздухопроводом (система Ю.Поле) – расположенным параллельно подъемному трубопроводу. В этой системе исключается воздействие (абразивное, коррозионное и др.) транспортируемой среды на воздухопровод, но усложняется процесс монтажа.

Схема с кольцевой подъемной трубой и внутренним воздухопроводом (центральная система) предусматривает подачу воздуха по внутреннему трубопроводу, расположенному концентрично относительно подъемного трубопровода. Смесь жидкости и воздуха движется вверх по кольцевому пространству.

Системы Саундерса и центральная применяются преимущественно для подъема жидкости из скважин, причем центральная система по сравнению с системой Саундерса принципиально обеспечивает возможность подъема больших количеств жидкости при меньшем пусковом давлении. Основной недостаток центральной системы – повышенный износ наружной поверхности воздухопровода от абразивного воздействия твердых включений, имеющих в жидкости.

В перечисленных системах эрлифтов общим признаком является наличие двух рядов труб, в силу чего они называются двухрядными. При скважинном способе добычи полезных ископаемых применяется однорядный эрлифт. В этом случае в скважину опускается только один ряд труб, второй ряд заменяется обсадной колонной скважины. Такая схема, кроме снижения металлоемкости эрлифта, обеспечивает возможность эксплуатации скважин малого диаметра. Однорядный эрлифт может быть реализован по системе Саундерса или центральной.

Схемный признак определяет гидравлическую схему эрлифта, выбор которой производится в зависимости от давления источника сжатого воздуха, необходимой высоты подъема, возможной глубины погружения смесителя, необходимой производительности и ряда других технических требований и возможностей.

В процессе анализа проектируемых и находящихся в эксплуатации эрлифтных установок в различных технологических процессах во многих отраслях промышленности выделены следующие типовые гидравлические схемы эрлифтов:

- односекционная с приемной емкостью и короткой подающей трубой;
- односекционная с длинной подводящей трубой и одним или несколькими смесителями;
- односекционная с зумпфом, заполненным жидкостью;
- односекционная с «сухим» зумпфом с петлеобразной подающей трубой;
- групповая с гидравлически разомкнутыми приемными емкостями и общим коллектором сжатого воздуха;
- батарейная;
- многосекционная с промежуточными приемными емкостями.

Базовой схемой является односекционная с приемной емкостью и короткой подающей трубой, остальные схемы составляются на ее основе с добавлением различных элементов, соответствующих вы-

полнению заданного технологического процесса, основными параметрами которого являются свойства транспортируемой среды и производственное назначение эрлифта.

Исходя из характеристик транспортируемой среды, различают эрлифты для подъема однородных жидкостей и для подъема гидросмесей жидкости с твердыми материалами.

По производственному назначению эрлифты классифицируются на транспортные, добычные и циркуляционно-барботажные. Свойства транспортируемой среды и производственное назначение определяют как гидравлическую схему, так и состав ее элементов.

Наибольшее распространение получила односекционная эрлифтная установка. Гидросмесь, поступающая из различных точек ее образования (забои, углесосные станции, каналы золошлакоудаления и др.), через узел пульпоподготовки направляется в зумпф. При отсутствии подачи воздуха вода заполняет все полости эрлифта до расчетного уровня погружения смесителя  $h$ . Твердый материал складывается на дне зумпфа вокруг и сверху всасывающего устройства. При откачке однородных жидкостей наличие всасывающего устройства необязательно.

Сжатый воздух от нагнетателя или компрессора по воздухопроводу подается в смеситель. Трехфазная смесь (вода – твердое – воздух) поднимается по подъемной трубе в воздухоотделитель. Здесь воздух выходит в атмосферу, а гидросмесь по сбросному трубопроводу поступает в дальнейшую схему транспортирования.

Возможная высота подъема  $H$  односекционной схемы определяется абсолютной  $h$  и относительной  $\alpha$  величинами погружения смесителя

$$H = h \cdot \frac{1 - \alpha}{\alpha}.$$

На основании экспериментальных исследований и опыта эксплуатации установлено, что устойчивый режим работы эрлифта данного типа сохраняется при  $\alpha \geq 0,15$ . Экономичность обеспечивается при  $\alpha \geq 0,3$ . Возможная величина абсолютного погружения определяется избыточным давлением источника сжатого воздуха  $p_u$

$$h \leq \frac{0,95 \cdot p_u}{\rho_{жс} \cdot g},$$

где  $\rho_{жс}$  – плотность транспортируемой жидкости (гидросмеси).

Данной схеме присущ один серьезный недостаток. При производстве плановых или аварийных ремонтов всасывающего устройства, смесителя и нижней части подъемной трубы необходима откачка нижней части зумпфа, что вызывает, при отсутствии второго зумпфа, увеличение времени остановки технологического процесса. В тех случаях, когда сооружение второго зумпфа невозможно, рекомендуется принять односекционную эрлифтную схему с «сухим зумпфом». По этой схеме гидросмесь поступает в предварительный пульпосборник, откуда бустерным эрлифтом или углесосом транспортируется в промежуточную приемную емкость и далее по пульпопроводу вниз в промежуточное всасывающее устройство герметичного типа, расположенное на дне главного зумпфа. Дальнейший процесс транспортирования гидросмеси аналогичен вышеизложенному.

Высота подъема бустерного эрлифта или напор углесоса по данной схеме составляют не более 5 метров, а подача их должна быть несколько выше (на 3 ÷ 5 %) подачи главного эрлифта. При такой разности подач в промежуточной и приемной емкости будет поддерживаться постоянный уровень за счет перелива части жидкости по сбросному трубопроводу (или желобу) в предварительный пульпосборник, тем самым создавая условие для автоматической стабилизации рабочего режима главного эрлифта.

Дозирование подачи твердого в главный эрлифт осуществляется всасывающим устройством, устанавливаемым в предварительном пульпосборнике на бустерном эрлифте либо на всасе углесоса.

Несмотря на большое число элементов, эта схема позволяет организовать ежесуточный профилактический осмотр и ремонт главной эрлифтной установки.

Одной из разновидностей односекционной установки является эрлифт с длинной подающей трубой. Такой вариант односекционной схемы может применяться для создания эрлифтных систем подъема сырья со дна глубоких водоемов, морей и океанов, а также для чистки затопленных стволов и глубоких зумпфов шахт. Глубина погружения смесителя определяется давлением компрессорной станции. Необходимое пусковое давление сжатого воздуха

$$P_{\text{пуск}} = 1,05 \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot h.$$

После разгона гидросмеси до транспортной скорости в смесителе устанавливается рабочее давление

$$P_{\text{раб}} = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot [h - i_n \cdot L],$$

где  $i_n$  — удельные потери напора на преодоление сил трения и тяжести по длине подающей трубы на вертикальном трубопроводе;

$L$  — длина подающей трубы.

Значительное уменьшение рабочего давления в смесителе относительно пускового при больших длинах подающей трубы определяет возможность применения односекционной схемы с несколькими смесителями, расположенными последовательно по длине подающей трубы. В этом случае верхний смеситель является пусковым, а нижний — рабочим. Расстояние между смесителями определяется потерями напора в подводящей трубе.

Для подъема гидросмеси на большие высоты при ограниченном давлении сжатого воздуха, а также при одновременной откачке притоков нескольких уровней разработаны многосекционные эрлифтные установки. Первая секция схемы содержит все элементы односекционного эрлифта. С воздухоотделителя первой секции гидросмесь по сбросному трубопроводу поступает в промежуточное всасывающее устройство второй секции, выше которого расположен смеситель и далее подъемная труба второй секции. Погружение смесителей второй и последующих секций создается за счет переподъема гидросмеси первой и последующими секциями на величины  $h_2$  и  $h_n$ .

Сжатый воздух от компрессорной станции в каждый смеситель подается через коллектор по отдельному воздухопроводу. Расход воздуха через секции определяется уровнем гидросмеси в сбросном трубопроводе каждой секции во время работы установки.

Для стабилизации погружения секций и возможности одновременной транспортировки гидросмеси с разных горизонтов в выше-рассмотренной многосекционной схеме целесообразно применять промежуточные приемные емкости.

Групповая схема с гидравлически разомкнутыми приемными емкостями и общим коллектором сжатого воздуха состоит из нескольких односекционных или многосекционных эрлифтных установок, каждая из которых размещается в отдельном зумпфе с независимым притоком гидросмеси. Воздухоснабжение всех установок осуществляется из общего коллектора. Такая компоновка позволяет сократить количество компрессоров, одновременно находящихся в работе, за счет применения мощных центробежных машин. Применяется такая схема на тепловых электростанциях для внутрицеховых систем сбора золошлаковой пульпы, на обогатительных фабриках в тех-

нологических схемах транспорта концентрированных пульп, а также при необходимости одновременной очистки нескольких технологических емкостей шахтного водоотлива.

Устойчивость и экономичность режимов работы каждого эрлифта групповой схемы достигается за счет систем автоматического регулирования подачи сжатого воздуха в отдельные смесители.

Для обеспечения больших подач (свыше  $1000 \text{ м}^3 / \text{ч}$ ) короткими эрлифтами более целесообразно применять так называемую батарейную схему эрлифтной установки.

Ее главная отличительная особенность заключается в наличии нескольких подъемных труб с индивидуальными смесителями, соединенными параллельно, и общего воздухоотделителя. Вся группа труб размещается в одной приемной емкости (зумпфе). Включением различного числа управляемых вентилях на воздухопроводах эрлифтов обеспечивается большая глубина регулирования по подаче.

Применяется батарейная схема в основном на эрлифтных земснарядах большой производительности и циркуляционных эрлифтных установках.

#### Список источников.

1. Козыряцкий Л.Н. Исследование и разработка уточненного расчета эрлифтных установок горной промышленности. Автореф. дис.... канд. техн. наук. — Донецк: ДПИ, 1976. — 18 с.
2. Малеев В.Б. Исследование и разработка сифонно-вакуумного эрлифта для очистки шахтных водоотливных емкостей. Автореф. дис.... канд. техн. наук. — Донецк: ДПИ, 1980. — 20 с.