

УДК 622.276.52:532.529

А.П. Кононенко, д-р техн. наук, проф.,
Донецкий национальный технический университет,
В.В. Чернюк, д-р техн. наук, доц., Национальный
университет «Львовская политехника»,
М.Ю. Карпушин, асп., Донецкий национальный
технический университет

ПОДАЧА ЭРЛИФТОВ С БЛОЧНЫМ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ НАГНЕТАТЕЛЯМИ

Уточнены диапазоны подач общепромышленных эрлифтов с блочным воздушно-снабжением серийно производимыми центробежными нагнетателями без использования средств регулирования и энергетическая эффективность работы таких эрлифтных установок в условиях переменных притоков жидкостей (гидросмесей).

Ключевые слова: эрлифт, диапазон подач, центробежный нагнетатель, регулирование, энергетическая эффективность, переменный приток жидкости (гидросмеси).

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Достаточно широкое использование центробежных нагнетателей для блочного воздушноснабжения эрлифтных установок общепромышленных систем водоотлива и гидropодъема определяется наибольшим соответствием значений давления и производительности центробежных источников пневмоэнергии требуемым в рассматриваемых условиях [1, 2]. Причем регулирование расхода сжатого воздуха (регулирование центробежных нагнетателей) в большинстве случаев с целью упрощения и удешевления установок не осуществляется.

При перекачивании такими эрлифтными установками переменных во времени притоков жидкостей (гидросмесей) необходимо знать диапазоны возможных подач газожидкостных подъемников. В ряде случаев, особенно в эрлифтных системах гидрозолошлакоудаления тепловых электростанций, работающих на твердом топливе, и при удалении золошлаков одним эрлифтом от двух котлов, величины притоков гидросмесей могут изменяться достаточно существенно, до двукратного значения [3].

Используемые в составе эрлифтных установок серийно производимые центробежные нагнетатели в зависимости от их параметров (давлений и производительностей) могут обеспечить определенные

диапазоны подач эрлифтов при энергетически целесообразных высотах подъема, то есть определяют возможные области применения газожидкостных подъемников с блочным пневмоснабжением. Неточности в расчетных значениях диапазонов подач эрлифтов могут приводить к аварийным ситуациям.

Таким образом, достоверное определение диапазона подач эрлифтов с блочным воздухомоснабжением от центробежных нагнетателей является актуальной научной задачей, имеющей широкое практическое приложение.

Анализ исследований и публикаций. В составе общепромышленных эрлифтных установок целесообразно использовать ряд центробежных нагнетателей, как правило, производства ОАО «Дальневосточный завод энергетического оборудования», которые условно могут быть разделены на три классификационные группы – с абсолютным давлением сжатого воздуха $p_n = 1,32 \div 1,65$ кгс/см² [(1,29 ÷ 1,62) · 10⁵ Па] и производительностью $Q_n = 40 \div 260$ м³/мин (0,667 ÷ 4,33 м³/с) (ЦНВ 60/1,4; ЦНВ 60/1,6; ЦНВ 100/1,4; ЦНВ 100/1,6; ЦНВ 160/1,4; ЦНВ 160/1,6; ЦНВ 200/1,4; ЦНВ 200/1,6), с абсолютным давлением сжатого воздуха $p_n = 1,57 \div 2,48$ кгс/см² [(1,54 ÷ 2,43) · 10⁵ Па] и производительностью $Q_n = 115 \div 890$ м³/мин (1,92 ÷ 14,8 м³/с) (ЦНВ 280/2,1; 360-21-1; 360-22-1; ЦНВ 750/2) и с абсолютным давлением сжатого воздуха $p_n = 2,73 \div 3,50$ кгс/см² [(2,68 ÷ 3,43) · 10⁵ Па] и производительностью $Q_n = 75 \div 226$ м³/мин (1,25 ÷ 3,77 м³/с) (ЦНВ 80/3,2; ЦНВ 100/3,2; ЦНВ 130/3,2; ЦНВ 160/3,2; ЦНВ 200/3).

Обоснование энергетически целесообразных высот подъема эрлифтных установок и теоретических диапазонов возможных подач эрлифтов в [1, 2] приведены исходя из допущений равенства избыточного давления, развиваемого нагнетателем, гидростатическому давлению геометрического погружения смесителя. То есть, принято допущение об отсутствии потерь давления в пневмопроводе между нагнетателем и смесителем, а также в подающей трубе эрлифта, исходя из чего полученный диапазон подач назван теоретическим. И если первое допущение исключить из состава рассматриваемой задачи достаточно проблематично из-за многообразия возможных вариантов конструктивных решений пневмопроводов (длины, вида и количества местных сопротивлений и др.) и возможности соответствующим подбором диаметра воздухопровода минимизировать указанные потери давления, то допущение об отсутствии потерь давления (напора) в

подающей трубе эрлифта в ряде случаев может существенно исказить результаты количественного анализа работы эрлифтной установки. Влияние сопротивления подающей трубы на работу как эрлифта, так и всей установки в целом, подтверждается также рядом исследований [4, 5].

Таким образом, для уточнения диапазона возможных подач эрлифтов с блочным воздухомоснабжением центробежными нагнетателями необходимо параметры рабочих режимов эрлифтных установок определять с учетом потерь давления в подающих трубах газожидкостных подъемников. При этом методика определения энергетически целесообразных высот подъема эрлифтных установок, приведенная в [2], является правомочной и для случая анализа работы установки с учетом действительного давления в смесителе эрлифта.

Постановка задачи. Уточнить диапазоны возможных подач эрлифтов с блочным воздухомоснабжением от серийно производимых центробежных нагнетателей без использования средств регулирования, а также энергетическую эффективность работы таких эрлифтных установок с учетом действительного давления в смесителе газожидкостного подъемника [с учетом потерь давления (напора) в подающей трубе эрлифта].

Изложение материала и результаты. Действительное избыточное давление в смесителе эрлифта $p_{см}$ определяется как разница между гидростатическим давлением геометрического погружения смесителя $p_{н.с}$ и потерями давления в подающей трубе $\Delta p_{н.т}$ и может быть вычислено по зависимости

$$p_{см} = p_{н.с} - \Delta p_{н.т} = \rho' \cdot g(h - \Delta h_{н.т}), \quad (1)$$

где ρ' – плотность перекачиваемой жидкости (гидросмеси); g – ускорение свободного падения; h – геометрическое погружение смесителя; $\Delta h_{н.т}$ – потери напора в подающей трубе.

Тогда, с учетом принятого допущения о пренебрежении потерями в воздухопроводе между центробежным нагнетателем и смесителем эрлифта, режим работы нагнетателя, а, следовательно, и его производительность Q_n , будет определяться абсолютным давлением $p_n = p_{сма} = p_{см} + p_0$ [где $p_{сма}$ – абсолютное давление в смесителе; p_0 – давление окружающей среды (атмосферное давление)], где избыточное давление в смесителе $p_{см}$ вычисляется по зависимости (1).

Методику определения уточненного режима работы эрлифтной установки (однако с учетом пренебрежения потерями давления в воздухопроводе) рассмотрим на примере водоотливной установки с бло-

чным воздухомоснабженіем от центробежного нагнетателя ЦНВ 160/3,2, полный количественный анализ режима работы которой без учета потерь давления (напора) в подающей трубе приведен в [2].

Рассматриваемая водоотливная эрлифтная установка, как обосновано предварительным анализом режимов работы [2], содержит эрлифт с подъемной трубой длиной $H+h = 42,75$ м и энергетически оптимальным диаметром $D = 600$ мм при потребном, максимально возможном, диаметре подающей трубы $d = 500$ мм. Высота подъема эрлифтной установки от уровня пола технологического помещения (отм. 0.000) $H' = 16,75$ м. Максимально возможное геометрическое погружение смесителя эрлифта составляет $h_{\text{макс}} = 25,0$ м исходя из условия возможности его запуска при полностью заполненном зумпфе от нагнетателя ЦНВ 160/3,2 с максимально возможным абсолютным давлением $p_{\text{н.макс}} = 3,43 \cdot 10^5$ Па.

В этих условиях максимально возможный приток воды $Q_{\text{пр.макс}}$, который должен удаляться эрлифтом $Q_{\text{э.макс}} = Q_{\text{пр.макс}}$, может быть таким, при котором, при блочном воздухомоснабжении нагнетателем ЦНВ 160/3,2 и условии равенства давления нагнетателя $p_{\text{н}}$ давлению (абсолютному) в смесителе эрлифта $p_{\text{н}} = p_{\text{сма}}$, геометрическое погружение смесителя составит величину $h_{\text{макс}} = 25,0$ м.

Ввиду отсутствия достоверных аналитических характеристик центробежных воздушных нагнетателей $p_{\text{н}} = f(Q_{\text{н}})$ и с учетом возможности представления графических заводских экспериментальных зависимостей в табличной форме (табл. 1), задачу целесообразно решать методом последовательного приближения.

Вычисления выполнены с использованием математической модели рабочего процесса эрлифта со снаряженной структурой водовоздушной смеси, в основу которой положены уравнения неразрывности движения и количества движения двухфазной жидкости, позволившие получить уравнение стационарного восходящего вертикального движения двухкомпонентного водовоздушного снаряженного течения в подъемной трубе [6]:

$$p_{\text{см}} \frac{z_i}{H+h} = \frac{4}{D} \int_0^{z_i} \tau_w(z) dz + G \cdot [x \cdot w''(z) + (1-x) \cdot w'(z)]_0^{z_i} +$$

$$+ g \int_0^{z_i} \{\varphi(z) \cdot \rho''(z) + [1 - \varphi(z)] \cdot \rho'\} dz,$$
(2)

где z - расстояние от смесителя до рассматриваемого сечения подъемной трубы; $\tau_w(z)$ - касательное напряжение на стенке подъемной трубы; G – массовая скорость водовоздушной смеси; x – массовое расхождение газосодержание; $w'(z)$, $w''(z)$ - истинные скорости соответственно воды и воздуха; $\varphi(z)$ - истинное газосодержание водовоздушной смеси; $\rho''(z)$ - плотность воздуха в сечении z .

Решение уравнения (2) численным методом на ПЭВМ при помощи разработанной программы позволяет определять значения текущих гидродинамических параметров водовоздушной смеси в заданных сечениях подъемной трубы и при заданном расходе воздуха Q_v [7].

Для выше приведенных геометрических параметров газожидкостного подъемника с использованием указанной программы для решения на ПЭВМ математической модели рабочего процесс эрлифта со снарядной структурой водовоздушного потока вычислены значения подачи $Q_э$ и давления в смесителе эрлифта $p_{сма}$ для заданных значений расхода воздуха $Q_v = Q_n$ (табл. 1). Как следует из результатов решения, условие $p_n = p_{сма} = 3,288 \cdot 10^5$ Па ($3,352$ кгс/см²) выполняется при расходе воздуха $Q_v = Q_n = 141$ м³/мин, что соответствует подаче эрлифта $Q_{э.макс} = 2895,5$ м³/ч ($0,804$ м³/с). То есть, эрлифт с параметрами $H+h = 42,75$ м, $D = 600$ мм, $d = 500$ мм и блочном воздухо-снабжении от нагнетателя ЦНВ 160/3,2 при максимально возможном геометрическом погружении $h_{макс} = 25,0$ м обеспечит подачу $Q_{э.макс} = Q_{нр.макс} = 2895,5$ м³/ч ($0,804$ м³/с). В указанном режиме работы установки давление нагнетателя ЦНВ 160/3,2 составляет $p_n = p_{сма} = 3,288 \cdot 10^5$ Па ($3,352$ кгс/см²), производительность $Q_n = Q_v = 141$ м³/мин, мощность $N_{нотр} = 435$ кВт, КПД $\eta_n = 0,840$.

В столбце «Подача эрлифта $Q_э$, м³/ч» таблицы 1 заполнена только ячейка ($Q_э = 2895,5$ м³/ч), соответствующая производительности нагнетателя (расходу воздуха) $Q_n = Q_v = 141$ м³/мин, так как режимы работы установки с другими значениями $Q_n = Q_v$ при геометрическом погружении $h = h_{макс} = 25,0$ м неосуществимы и будут иметь место при иных величинах h .

Минимально возможная подача этого же эрлифта будет иметь место при минимально возможном геометрическом погружении смесителя $h_{мин}$, которое в рассматриваемых условиях будет определяться минимально допустимым (преимущественно из условия обеспечения мощности на валу нагнетателя мощностью приводного электродвига-

теля) давлением нагнетателя $p_{н.мин}$. Для нагнетателя ЦНВ 160/3,2 минимально допустимое абсолютное давление составляет $p_{н.мин} = 2,66 \cdot 10^5$ Па, что соответствует производительности воздуходувной машины $Q_n = 168$ м³/мин.

Таблица 1 – К определению режима работы эрлифтной установки с блочным нагнетателем ЦНВ 160/3,2 при величине геометрического погружения смесителя $h_{макс} = 25,0$ м ($H+h = 42,75$ м, $D = 600$, $d = 500$ мм)

Рабочие параметры нагнетателя ЦНВ 160/3,2:		Давление в смесителе эрлифта (абсолютное) $p_{сма}$, кгс/см ²	Подача эрлифта $Q_э$, м ³ /ч	
производительность Q_n , м ³ /мин	давление (абсолютное):			
		$p_n \cdot 10^{-5}$, Па	p_n , кгс/см ²	
122	3,434	3,500	3,377	-
126	3,414	3,480	3,372	-
130	3,375	3,440	3,366	-
134	3,355	3,420	3,361	-
138	3,316	3,380	3,356	-
139	3,306	3,370	3,354	-
140	3,296	3,360	3,353	-
141	3,288	3,352	3,352	2895,5
142	3,277	3,340	3,351	-
146	3,237	3,300	3,346	-
150	3,178	3,240	3,341	-
154	3,119	3,179	3,336	-
158	3,041	3,100	3,331	-
162	2,961	3,018	3,327	-
166	2,796	2,850	3,323	-
168	2,659	2,710	3,320	-

Таким образом, минимально возможная величина притока может быть такой, чтобы давление в смесителе эрлифта составляло $p_{сма.мин} = p_{н.мин} = 2,66 \cdot 10^5$ Па (2,712 кгс/см²), что, с учетом пренебрежения потерями давления в воздухопроводе, будет соответствовать производительности нагнетателя $Q_n = 168$ м³/мин.

И данная задача, то есть определение возможной величины $Q_{пр.мин} = Q_{э.мин}$, решается на ПЭВМ методом последовательного приближения с использованием той же выше описанной программы (программы для решения на ПЭВМ математической модели рабочего процесса эрлифта со снарядной структурой водовоздушной смеси). Условие $p_{сма.мин} = p_{н.мин} = 2,66 \cdot 10^5$ Па (2,712 кгс/см²) при $Q_n = 168$

м³/мин для рассматриваемого эрлифта выполняется при величине притока $Q_{пр.мин} = Q_{э.мин} = 2011,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($0,559 \text{ м}^3/\text{с}$), что, в свою очередь, обеспечит величину геометрического погружения смесителя $h_{мин} = 17,83 \text{ м}$. В данном режиме работы мощность нагнетателя ЦНВ 160/3,2 составляет $N_{номр} = 490 \text{ кВт}$, КПД $\eta_n = 0,741$.

Таким образом, при блочном воздухообеспечении эрлифта с геометрическими параметрами $H+h = 42,75 \text{ м}$, $D = 600$, $d = 500 \text{ мм}$, нагнетатель ЦНВ 160/3,2 будет эксплуатироваться в диапазоне производительностей $Q_n = 141 \div 168 \text{ м}^3/\text{мин}$, что исключает возможность его работы в оптимальном режиме с производительностью $Q_{н.опт} = 122 \text{ м}^3/\text{мин}$ (рис. 1).

Степень увеличения подачи рассмотренной эрлифтной водоотливной установки составляет $k_Q = Q_{э.макс}/Q_{э.мин} = 2895,5/2011,5 = 1,44$.

КПД эрлифта с учетом гидравлических потерь в подающей трубе определяется выражением [8]

$$\eta_{эр} = \frac{H \cdot Q_э}{Q_в \cdot \frac{p_0}{\rho' \cdot g} \cdot \ln \frac{p_{сма}}{p_0}} \quad (3)$$

где H – высота подъема эрлифта от уровня жидкости (гидросмеси) в зумпфе; в рассматриваемом случае принимаем $H = H' = 16,75 \text{ м}$, заведомо занижая значение КПД эрлифта в режиме минимальной подачи.

Тогда значения КПД эрлифта (принимаем $p_0 = 1 \cdot 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$):

- в режиме максимальной подачи

$$\eta_{эр} = \frac{16,75 \cdot 2895,5 \cdot 60}{\frac{1 \cdot 9,81 \cdot 10^4}{1000 \cdot 9,81} \cdot 3600 \cdot 141 \cdot \ln \frac{3,288 \cdot 10^5}{1 \cdot 9,81 \cdot 10^4}} = 0,474;$$

- в режиме минимальной подачи

$$\eta_{эр} = \frac{16,75 \cdot 2011,5 \cdot 60}{\frac{1 \cdot 9,81 \cdot 10^4}{1000 \cdot 9,81} \cdot 3600 \cdot 168 \cdot \ln \frac{2,660 \cdot 10^5}{1 \cdot 9,81 \cdot 10^4}} = 0,335.$$

Значения КПД эрлифтной водоотливной установки:

- в режиме максимальной подачи

$$\eta_{э.у} = \eta_{эр} \cdot \eta_n = 0,474 \cdot 0,840 = 0,398;$$

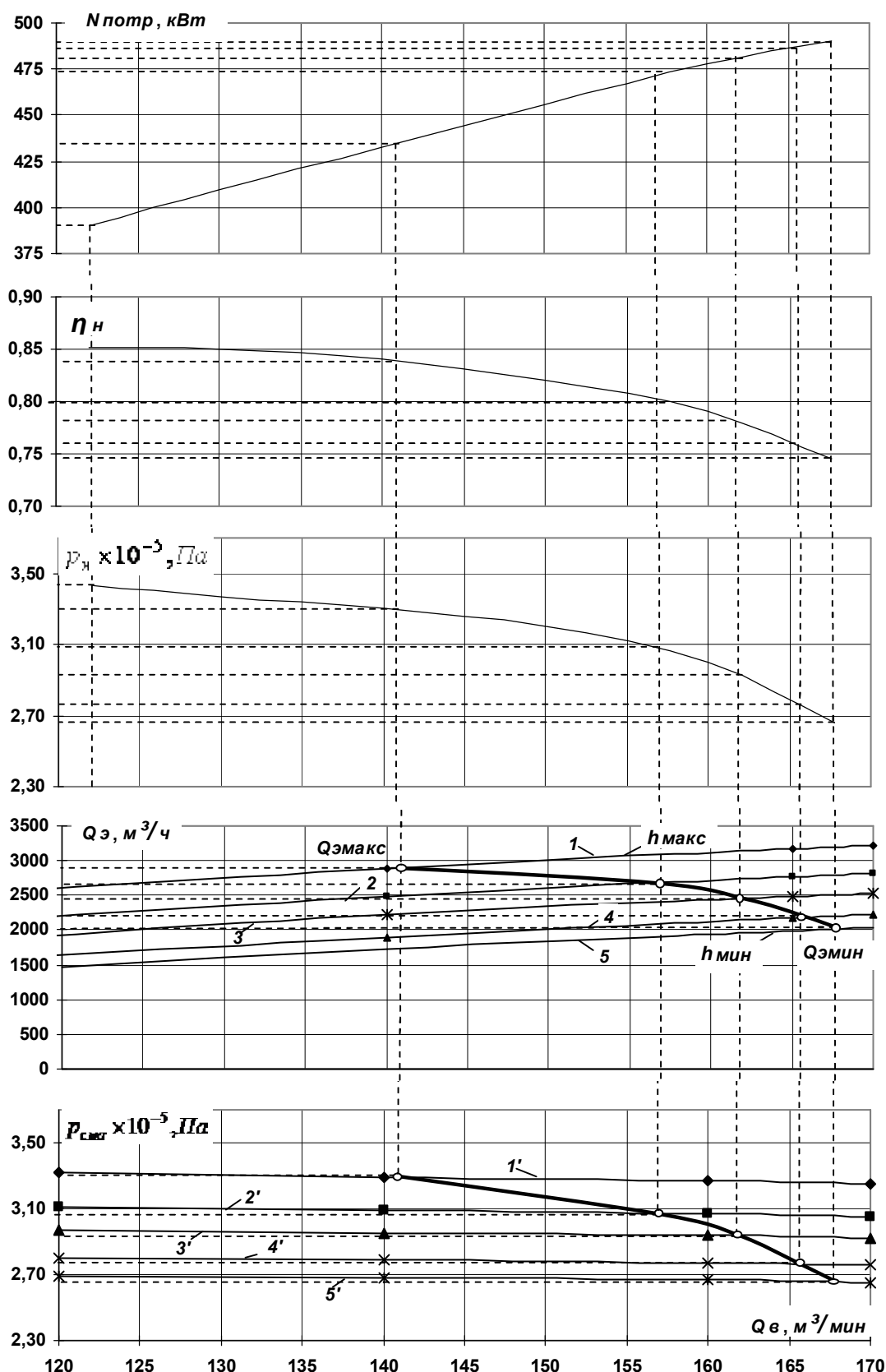


Рис. 1. – Рабочий режим водоотливной эрлифтной установки с блочным воздухомоснабжением от центробежного нагнетателя ЦНВ 160/3,2 ($H+h=42,75$ м, $D=600$, $d=500$ мм) с учетом потерь напора в подающей трубе: 1÷5 - $Q_э = f(Q_в)$, 1'÷5' - $p_{сма} = f(Q_в)$ при 1 - $h = h_{макс} = 25$ м; 2 - $h = 22,6$ м; 3 - $h = 21$ м; 4 - $h = 19$ м; 5 - $h = h_{мин} = 17,83$ м

- в режиме минимальной подачи

$$\eta_{э.у} = \eta_{эр} \cdot \eta_n = 0,335 \cdot 0,741 = 0,248.$$

Результаты изложенных вычислений, а также данные расчетов рабочих параметров эрлифтных установок с блочным воздухоподачей от других анализируемых центробежных нагнетателей, представляющих все три приведенные выше классификационные группы центробежных нагнетателей ОАО «Дальневосточный завод энергетического оборудования», приведены: для водоотливных установок – в табл. 2, для гидроподъемных установок – в табл. 3. Конструктивные параметры рассматриваемых эрлифтов и их отличия для условий водоотливных и гидроподъемных установок обоснованы в [2].

Таким образом, степень увеличения подачи эрлифтов с блочным воздухоподачей от наиболее технически целесообразных в использовании в составе данных установок центробежных нагнетателей (ЦНВ 60/1,6, 360-22-1, ЦНВ 100/3,2, ЦНВ 160/3,2, ЦНВ 200/3) составляет: при работе в режиме водоотливных установок - $k_Q = 1,05 \div 1,54$, при работе в режиме гидроподъемных установок - $k_Q = 1,09 \div 1,47$, то есть возможность двукратного увеличения подачи эрлифта, что зачастую востребовано условиями применения водоотливных (гидроподъемных) эрлифтных установок, не обеспечивается.

Расширение диапазона подач эрлифтных установок возможно использованием батарейных (групповых) эрлифтов [9] или эрлифтов с подводом дополнительного притока в промежуточное сечение подъемной трубы [10].

Выводы и направления дальнейших исследований. В эрлифтных установках с блочным воздухоподачей центробежными нагнетателями ЦНВ 60/1,6; 360-22-1; ЦНВ 100/3,2; ЦНВ 160/3,2; ЦНВ 200/3, представляющими все три классификационные группы нагнетателей, рациональных в использовании в составе общепромышленных установок с энергетически целесообразными высотами подъема в режимах максимально энергоэффективной работы, степень увеличения подачи водоотливных эрлифтов составляет $k_Q = 1,05 \div 1,54$, а гидроподъемных эрлифтов - $k_Q = 1,09 \div 1,47$, то есть двукратное увеличение подачи эрлифта не обеспечивается. Для возможности увеличения диапазона подачи целесообразно использовать батарейные (групповые) эрлифты или эрлифты с подводом дополнительного притока в промежуточное сечение подъемной трубы.

Таблица 2 – Параметры эрлифтных водоотливных установок с блочным воздухомоснабжением от центробежных нагнетателей ОАО «Дальневосточный завод энергетического оборудования» с учетом потерь напора в подающих трубах эрлифтов

Параметр эрлифтной установки	Ед. измерения	Тип нагнетателя				
		ЦНВ 60/1,6	360-22-1	ЦНВ 100/3,2	ЦНВ 160/3,2	ЦНВ 200/3
1	2	3	4	5	6	7
Длина подъемной трубы эрлифта $H+h$	м	13,38	26,25	38,75	42,75	43,75
Высота подъема эрлифтной установки H' относительно отметки 0.000	м	6,48	10,45	13,75	16,75	21,55
Диаметры труб: - подъемной, D - подающей, d	мм	500 350	900 800	500 400	600 500	700 600
Геометрическое погружение смесителя эрлифта: - максимально возможное h_{\max} - минимально допустимое h_{\min} - в оптимальном режиме работы нагнетателя $h_{\text{опт}}$	м	6,30 6,02 -	14,8 11,17 -	24,0 16,37 -	25,0 17,83 -	21,2 18,14 20,72
Давление (абсолютное) нагнетателя $p_n \cdot 10^{-5}$ (равное абсолютному давлению в смесителе эрлифта $p_{\text{сма}} = p_n$) при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном h_{\max} - минимально допустимом h_{\min} - оптимальном $h_{\text{опт}}$	Па	1,491 1,473 1,580	2,308 2,010 2,420	3,133 2,500 3,335	3,288 2,660 3,434	2,987 2,700 2,940
Производительность нагнетателя Q_n при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном h_{\max} - минимально допустимом h_{\min} - оптимальном $h_{\text{опт}}$	м ³ /мин	75 76 62,5	320 360 290	101 115 82	141 168 122	192 228 200

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Мощность нагнетателя $N_{порт}$ при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном $h_{макс}$ - минимально допустимом $h_{мин}$ - оптимальном $h_{опт}$	кВт	80,5 81,5 70,8	685 735 635	315 344 268	435 490 390	540 572 550
КПД нагнетателя η_n при при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном $h_{макс}$ - минимально допустимом $h_{мин}$ - оптимальном $h_{опт}$	-	0,755 0,745 0,816	0,788 0,690 0,810	0,814 0,695 0,845	0,840 0,741 0,850	0,815 0,790 0,820
Подача эрлифта $Q_э$ при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном $h_{макс}$ - минимально допустимом $h_{мин}$ - оптимальном $h_{опт}$	м ³ /ч	1220,8 1163,4 -	6870,3 5015,3 -	2183,9 1417,2 -	2895,5 2011,5 -	2963,5 2702,0 2958,6
КПД эрлифта $\eta_{эр}$ при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном $h_{макс}$ - минимально допустимом $h_{мин}$ - оптимальном $h_{опт}$	-	0,420 0,407 -	0,437 0,338 -	0,427 0,302 -	0,474 0,335 -	0,498 0,420 0,485
КПД эрлифтной установки $\eta_{э.у}$ при при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном $h_{макс}$ - минимально допустимом $h_{мин}$ - оптимальном $h_{опт}$	-	0,317 0,303 -	0,344 0,233 -	0,348 0,210 -	0,398 0,248 -	0,406 0,332 0,398
Степень увеличения подачи, k_Q	-	1,05	1,37	1,54	1,44	1,10

Таблица 3 – Параметры эрлифтных гидropодъемных установок с блочным воздуhоснабжением от центробежных нагнетателей ОАО «Дальневосточный завод энергетического оборудования» с учетом потерь напора в подающих трубах

Параметр эрлифтной установки	Ед. измерения	Тип нагнетателя				
		ЦНВ 60/1,6	360-22-1	ЦНВ 100/3,2	ЦНВ 160/3,2	ЦНВ 200/3
1	2	3	4	5	6	7
Длина подъемной трубы эрлифта $H+h$	м	13,38	26,25	38,75	42,75	43,75
Высота подъема эрлифтной установки H' относительно отметки 0.000	м	6,48	10,45	13,75	16,75	21,55
Диаметры труб: - подъемной, D - подающей, d	мм	500 300	900 650	500 350	600 400	700 500
Геометрическое погружение смесителя эрлифта: - максимально возможное h_{\max} - минимально допустимом h_{\min} - в оптимальном режиме работы нагнетателя $h_{\text{опт}}$	м	-	14,8 12,05 -	24,0 16,98 -	25,0 18,85 -	21,2 18,81 -
Давление (абсолютное) нагнетателя $p_n \cdot 10^{-5}$ (равное абсолютному давлению в смесителе эрлифта $p_{\text{сма}} = p_n$) при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном h_{\max} - минимально допустимом h_{\min} - оптимальном $h_{\text{опт}}$	Па	-	2,198 2,010 2,420	3,023 2,500 3,335	3,119 2,660 3,434	2,912 2,700 2,940
Производительность нагнетателя Q_n при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном h_{\max} - минимально допустимом h_{\min} - оптимальном $h_{\text{опт}}$	м ³ /мин	-	337 360 290	106,5 115 82	154 168 122	204 228 200

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
Мощность нагнетателя $N_{потр}$ при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном $h_{макс}$ - минимально допустимом $h_{мин}$ - оптимальном $h_{опт}$	кВт	-	710 735 635	330 344 268	465 490 390	558 572 550
КПД нагнетателя η_n при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном $h_{макс}$ - минимально допустимом $h_{мин}$ - оптимальном $h_{опт}$	-	-	0,750 0,690 0,810	0,785 0,695 0,845	0,810 0,741 0,850	0,819 0,790 0,820
Подача эрлифта $Q_э$ при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном $h_{макс}$ - минимально допустимом $h_{мин}$ - оптимальном $h_{опт}$	м ³ /ч	-	6212,3 5016,6 -	2079,3 1417,0 -	2727,1 2010,2 -	2938,6 2702,5 -
КПД эрлифта $\eta_{эр}$ при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном $h_{макс}$ - минимально допустимом $h_{мин}$ - оптимальном $h_{опт}$	-	-	0,398 0,338 -	0,398 0,302 -	0,427 0,335 -	0,476 0,420 -
КПД эрлифтной установки $\eta_{э.у}$ при при геометрическом погружении смесителя: - максимально возможном $h_{макс}$ - минимально допустимом $h_{мин}$ - оптимальном $h_{опт}$	-	-	0,299 0,233 -	0,312 0,210 -	0,347 0,248 -	0,390 0,332 -
Степень увеличения подачи, $k_о$	-	-	1,24	1,47	1,36	1,09

Для нагнетателя ЦНВ 60/1,6 условия совместной работы выполняются за пределами заводской (графической) характеристики нагнетателя.

Список літератури

1. Кононенко А.П. О согласовании подачи эрлифта с притоком жидкости (гидросмеси) / А.П. Кононенко, М.Ю. Карпушин // Промислова гідравліка і пневматика. – 2009. – № 4(26). – С. 32 - 38.
2. Кононенко А.П. Теоретические диапазоны возможных подач эрлифтов с блочным воздухомоснабжением центробежными нагнетателями / А.П. Кононенко, В.В. Чернюк, М.Ю. Карпушин // Наукові праці ДНТУ. Серія: "Гірничо-електромеханічна". – 2011. – Вип. 22(195). – С. 118-136.
3. Кононенко А.П. Опыт применения эрлифтных установок в технологических системах ТЭС / А.П. Кононенко, В.И. Мизерный, Л.Л. Глухман // Энергетика та електрифікація. – 2006. – №11. – С. 8-12.
4. Шевченко В.Ф. Исследование и разработка узла подвода пневматической энергии в эрлифте: Дисс. ... канд. техн. наук / В.Ф. Шевченко. – Донецк: ДПИ, 1974. – 183 с.
5. Адамов Б.И. Исследование и разработка глубоководных эрлифтных установок для подъема твердого материала: Дисс. ... канд. техн. наук / Б.И. Адамов. – Донецк: ДПИ, 1982. – 323 с.
6. Кононенко А.П. Модель рабочего процесса эрлифта со снарядной структурой водовоздушного потока / А.П. Кононенко // Промислова гідравліка і пневматика. – 2006. – №1 (11). – С. 34-37.
7. Бойко Н.Г. Расчетные характеристики эрлифта со снарядной структурой водовоздушной смеси / Н.Г. Бойко, А.П. Кононенко // Наукові праці ДНТУ. Серія: "Гірничо-електромеханічна". – 2006. – Вип. 104. – С. 17-29.
8. Кононенко А.П. Энергетическая эффективность эрлифта / А.П. Кононенко // Науковий журнал "Вісник Донецького університету". Серія А, "Природничі науки". – 2006. – №1, Ч. 1. – С. 205-212.
9. Энциклопедия эрлифтов / Ф.А. Папаяни, Л.Н. Козыряцкий, В.С. Пашенко и др. – М.: Информсвязьиздат, 1995. – 592 с.
10. Кононенко А.П. Модель рабочего процесса эрлифта в условиях переменных притоков жидкости (гидросмеси) / А.П. Кононенко, М.Ю. Карпушин // Наукові праці ДНТУ. Серія гірничо-електромеханічна. – 2008. – Вип. 16 (142). – С. 149-158.

Стаття надійшла до редколегії 22.12.2012.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Бойко М.Г.

А.П. Кононенко, В.В. Чернюк, М.Ю. Карпушин. Подача ерліфтів з блочним повітропостачанням відцентровими нагнітачами. Уточнені діапазони подач загальнопромислових ерліфтів з блочним повітропостачанням серійно виробленими відцентровими нагнітачами без використання засобів регулювання та енергетична ефективність роботи таких ерліфтних установок в умовах змінних припливів рідин (гідросумішей).

Ключові слова: ерліфт, діапазон подач, відцентровий нагнітач, регулювання, енергетична ефективність, змінний приплив рідини (гідросуміші).

A. Kononenko, V. Chernuk, M. Karpushin. Supply of Airlifts with the Air-block Centrifugal Blowers. Specified range of general industrial supply of airlifts with block air-mass-produced centrifugal blowers without the use of regulation and energy efficiency of airlift units in the variables of fluid (slurry) are described.

Keywords: airlift, centrifugal blowers, the use of regulation, feed, fluid, slurry.

© Кононенко А.П., Чернюк В.В., Карпушин М.Ю., 2012