

УДК 622.232.

**ДОБЫЧА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ИЗ ШЛАМОНАКОПИТЕЛЕЙ  
ДОНБАССА**

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

*Доказана эффективность применения эрлифтно-земснарядных комплексов по добыче полезных ископаемых внутренних водоемов.*

*Effectiveness of use airlift hydraulic dredge in slurry pond mining operations is proved.*

Современное состояние экономики Украины характеризуется крайней несбалансированностью топливно-энергетического комплекса. Потребность в первичных энергоресурсах за счет собственного топлива удовлетворяется менее, чем на 45%. Более 56% используемых топлив - это природный газ и нефть, основное количество которых ввозится из-за рубежа. В этих условиях единственной собственной топливно-энергетической основой экономики безальтернативно остается угольная промышленность. В то же время добыча угля в Украине непрерывно сокращается, хотя имеющиеся запасы достаточны для обеспечения потребностей украинской экономики в течении 350-400 лет.

Одним из главных направлений стабилизации теплоэнергетики Украины является организация стабильного обеспечения топливом. Успешное решение этой проблемы требует наряду с прочими факторами изучение возможностей использования альтернативных видов топлива, а также технологий производства тепловой и электрической энергии. Ориентация теплоэнергетики на уголь, как основной энергоноситель, предполагает повышение объема его добычи, что обеспечивается имеющимися запасами, но не соответствует реальным возможностям угольной промышленности. Развитие отечественной угледобычи может быть осуществлено только путем коренной реконструкции и строительства новых шахт, а это связано с большими капиталовложениями и требует продолжительного времени.

На передний план выдвигается проблема поиска дополнительных ресурсов энергоносителей, добыча которых может быть организована в сравнительно короткое время и не потребует значительных капиталовложений. Использование таких энергоносителей в тепло-

енергетике стабилизирует в какой-то степени топливно-энергетический баланс страны и создаст условия для развития угольной промышленности.

Наиболее простым путем решения проблемы поиска дополнительных топливных ресурсов является утилизация отходов обогащения - высокозольного мелкого угля (шламов), огромное количество которого накоплено за многие годы в шламонакопителях (отвалах), расположенных в непосредственной близости от обогатительных фабрик. В таблице 1 приведена общая характеристика фабрик, обогащающих антрациты, по Луганской и Донецкой областям, а также даны запасы шламовых отходов. В таблице 2 в качестве примера приведена характеристика шламонакопителей ГОФ «Красноармейская».

Таблица 1 - Общая характеристика фабрик, обогащающих антрациты, по Луганской и Донецкой областям

ЦОФ	Производительность, $10^3$ т/год (по получаемому)	Предел обогащения,	Запасы шламовых отходов, $10^3$ т	
			$A^b < 45$ %	$A^b > 45\%$
Комендантская	6100	0	-	2150
Красная Звезда	3500	0	-	1000
Яновская	1200	0	-	1120
Советская	800	0	-	540
Шахтерская	2250	6	5.3	1500
Постниковская	1150	6	71.5	
Киселевская	2200	6	23.4	230
Донецкая	1900	6	10.0	210
Торезская	2100	6	8.9	110
Ровеньковская	1500	6	169.3	-
Хрустальская	1500	6	365.6	50
Новопавловская	1300	6	113.0	-
Вахрушевская	1500	6	204.3	-
Снежнянская	1200	6	1.3	120
Краснолучская	1200	6	272.0	-
Имени газеты «Извес-	1300	6	85.0	-
Краснопартизанская	1600	6	-	150
Сердитянская	1100	13	-	-

Исследования показали, что на территории Украины заскладировано до 3 млрд. тонн отходов добычи и обогащения угля со средней

зольностью 72-75%. Только в антрацитовых отвалах Донецкой и Луганской областей накоплено около 500 млн. тонн сухих отходов шахт со средней зольностью 77,1 - 77,5% и около 150 млн. тонн отходов обогатительных фабрик с зольностью 68,5 - 73,8%. Реально в сухих отходах содержится 15 - 20% углерода, который может быть использован в качестве топлива.

Таблица 2 - Характеристика шламонакопителей ГОФ «Красноармейская»

Наименование показателей	Ближайшие шламонакопители		Дальний шламонакопитель
	1	2	
Расстояние шламонакопителя от обогатительной фабрики, м	800	1500	12000
Нулевая геодезическая отметка фабрики, м	176	176	176
Отметка днища шламонакопителя	-	165	-
Площадь шламонакопителя, га	-	16,9	65
Состояние	Действующий	Отработанный	Действ. 50 % за-полн.
Степень обводненности	Действующий	Слой воды до 100 мм	(0...2)м
Емкость шламонакопителя, млн.м <sup>3</sup>	0,4	1,0	6,8
Степень заполнения, млн.м <sup>3</sup>	0,2	1,0	3,7-4,0
Трубопровод в шламонакопителе, Д, мм	Ф325	-	Ф630
Трубопровод возвратной осветленной воды, Д, мм	Ф630		Ф426
Гранулометрический состав шлама по данным ГОФ, мм	0-1	0-1	0-1
Плотность шлама по данным ГОФ.	-	2039	-
То же по данным анализа единичных проб (НПО «Хаймек»), кг/м	2047	-	-
Зольность шлама по данным ГОФ.	-	72...80	75...82
То же по данным анализа единичных проб (НПО «Хаймек»), %	65,60	-	-

Учитывая, что полное извлечение углерода практически невозможно, а экономически оправданный его уровень, исходя из применения механических способов обогащения, не превышает 10% от ис-

ходной массы отходов (50-80% от всего углерода, содержащегося в сухих отходах), количество дополнительного топлива в этом случае может составить до 85 млн. тонн при зольности около 35%. Себестоимость этого продукта не превысит трети от себестоимости угля в пересчете на условное топливо.

Одним из наиболее реальных путей выхода энергетики из существующего тяжелого положения представляется перевод предприятий промэнергетики и коммунальной сферы на сжигание топлива по новым технологиям в циркулирующем кипящем слое (ЦКС), который является наиболее перспективным методом реконструкции и строительства новых энергоблоков и промышленно-отопительных котлов производительностью от 10 до 800 тонн пара в час.

Расчет экономической эффективности показывает существенное преимущество реконструкции ТЭС и котельных с установкой котлов с УКС. В этом случае себестоимость вырабатываемой энергии и тепла, а также удельные капиталовложения ниже при достаточной рентабельности и приемлемом сроке окупаемости.

Следует иметь в виду, что шламонакопители являются достаточно сложными гидротехническими сооружениями, а качественные характеристики заскладированного в них материала весьма различны, как по площади, так и по глубине залегания. Поэтому организация извлечения шламов из шламонакопителей требует тщательного анализа его состояния и планирования работ с учетом изменений в зоне насыщения, способности удерживать ливневые воды, разрушения материалов, дамб и обвалований, а также влияния на системы декантации и дренажа.

Выемка из шламонакопителей может осуществляться с помощью драглайнов, земснарядов (лучше специальной конструкции с дистанционным управлением), а в случае засорения более крупными частицами и законсервированных - земснарядами подобно добычи угля открытым способом.

Одним из недостатков добычи шлама серийно выпускаемыми земснарядами является низкая концентрация шлама в транспортируемой пульпе (менее 5%).

Многолетний опыт ДонГТУ по созданию эрлифтно-земснарядных комплексов (ЭЗК) дает основание предполагать, что ЭЗК будут работать в несколько раз эффективней обычных типовых земснарядов. Так например, ЭЗК, спроектированные в ДонГТУ и работающие в Западной Сибири [1,4,5] по добыче песка со дна водо-

емов, имеют концентрацию в среднем около 30%, а в некоторых случаях она достигла до 70% [5]. Это объясняется особенностями работы эрлифтов [1,2,3], у которых высокая всасывающая способность и последующая возможность подъема гидросмеси высокой концентрации.

Конструктивные элементы эрлифтов ЭЗК существенно отличаются от обычных стационарных эрлифтов, отличаются и условия работы, а следовательно, расчет эрлифтов необходимо уточнить. Для этих целей был создан экспериментальный ЭЗК, оборудован необходимыми КИП и испытан на реке Югань (Западная Сибирь). При этом была получена одна из основных экспериментальных кривых  $q = f(\alpha)$ , где  $q$  - удельный расход сжатого воздуха,  $\alpha$  - относительное погружение эрлифта (рис.1), которая дает возможность определять расход сжатого воздуха (кривая 1).

Экспериментальная кривая 2, полученная для условий угольной промышленности при абсолютном погружении  $h = (4...10)$  м и значений  $\alpha < 0,5$ , не может быть использована в рассматриваемых условиях.

Ниже приведены отличительные особенности расчета эрлифта ЭЗК для условий работы в шламонакопителях.

Подача эрлифта

$$Q = k\sqrt{gD^5}, \tag{1}$$

где  $k$  - коэффициент подачи эрлифта;

$g$  - ускорение свободного падения;

$D$  - диаметр подъемной трубы эрлифта.

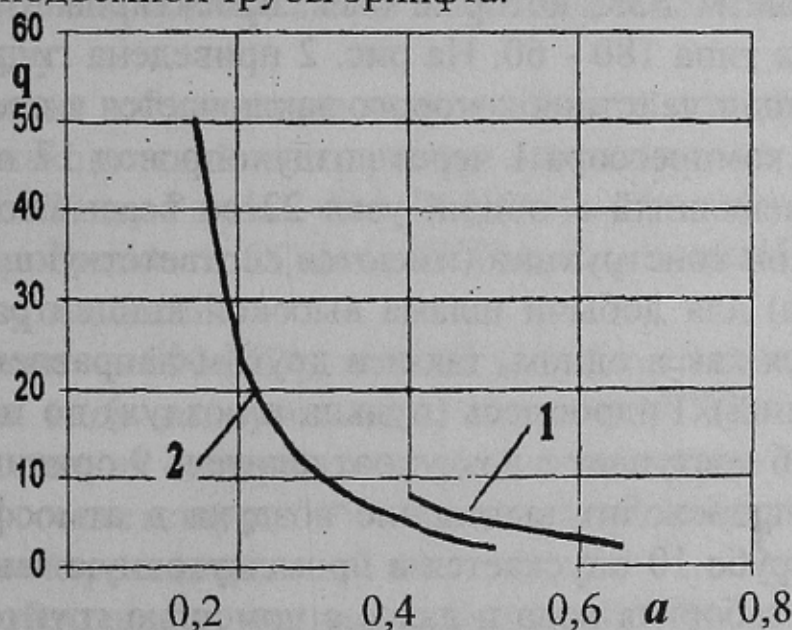


Рис. 1 - Зависимости удельного расхода воздуха от относительного погружения смесителя для эрлифтно-земснарядных комплексов, полученные экспериментальным путем

Коэффициент подачи:

$$k = \sqrt{\frac{\alpha}{\psi} \frac{\sqrt{1+q-\alpha^{-1}}}{1+q}}, \quad (2)$$

где  $\psi$  - удельный коэффициент сопротивления эрлифта, определяемый экспериментально или по формуле:

$$\psi = 0.0302 + 50.65 \cdot e^{-7.53 \cdot q}, \quad (3)$$

$\alpha$  - относительное погружение эрлифта  $h$

$$\alpha = \frac{h}{H+h}, \quad (4)$$

$q$  - удельный расход сжатого воздуха, рассматриваемый как отношение расхода воздуха  $Q_v$  и подачи эрлифта  $Q$ , т.е.

$$q = \frac{Q_v}{Q},$$

может быть рассчитан по формуле:

$$q = 0.95 \cdot \alpha^{-2.2}. \quad (5)$$

Подставляя значения параметров, полученных по формулам (2)...(5), в формулу (1), и выполнив необходимые преобразования вычисляют диаметр подъемной трубы  $D$  эрлифта.

В ДонГТУ была разработана технология добычи и гидротранспорта шлама из дальнего шламонакопителя ГОФ «Красноармейская» с применением ЭЗК, который был спроектирован на базе серийного земснаряда типа 180 - 60. На рис. 2 приведена гидравлическая схема ЭЗК, принцип действия которого заключается в следующем. Сжатый воздух от компрессора 1 через воздухопровод 17 поступает в смеситель, совмещенный в общий узел 22 со всасывающим устройством специальной конструкции (имеются соответствующие авторские свидетельства) для добычи шлама высокой концентрации, который перемещается как в одном, так и в другом направлении (без холостых перемещений). Гидросмесь (пульпа и воздух) по подъемному трубопроводу 16 поступает в воздухоотделитель 9 оригинальной конструкции, где происходит выделение воздуха в атмосферу, а пульпа по сливной трубе 10 опускается в промежуточную ёмкость 14, куда добавляется заборная вода и далее с помощью грунтонасоса 12 пульпа подается по пульповоду 13 на берег, а с берега углесосом транспортируется к обогатительной фабрике.

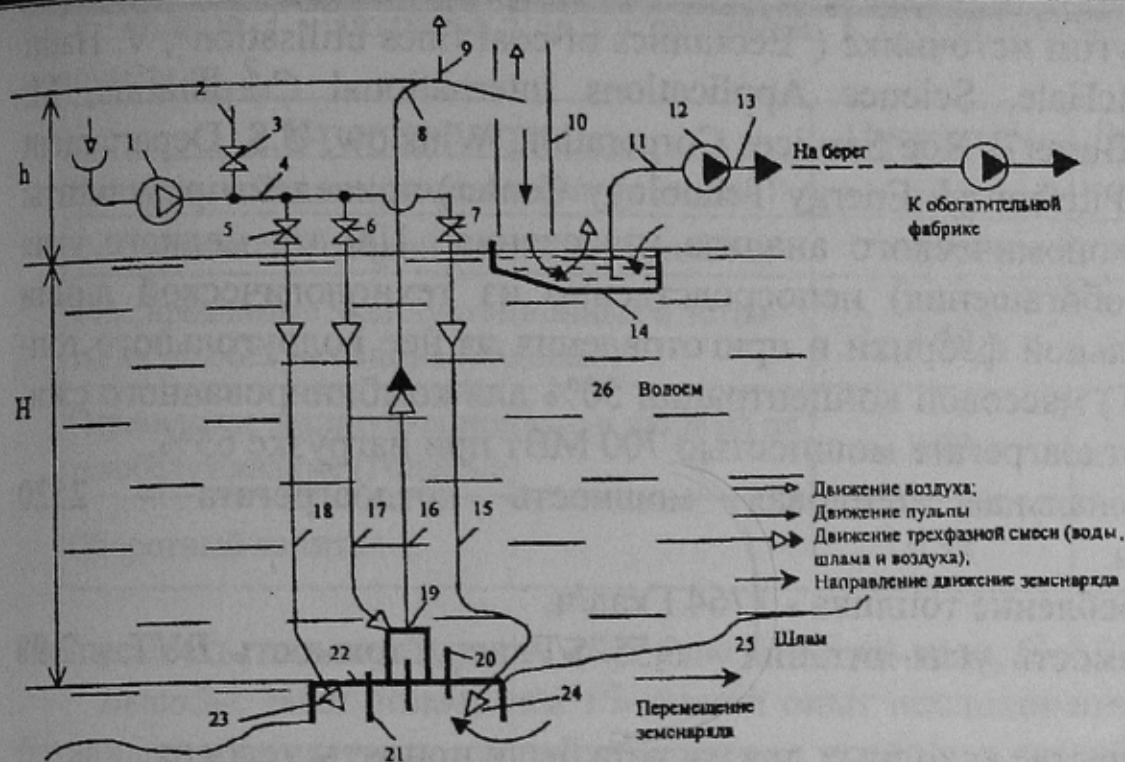


Рисунок 2 – Гидравлическая схема ЭЗК

Расчет и проектирование эрлифтов для ЭЗК приведен в монографиях [1,2].

Высокая зольность мелкого угля из шламонакопителей обуславливает в ряде случаев необходимость его обогащения. Если обогатительная установка сооружается в непосредственной близости от шламонакопителя, то, учитывая ограниченность количества заскладированного в нем материала, она должна легко демонтироваться и перемещаться к другому месту.

Общее представление об экономическом аспекте извлечения мелкого угля из шламонакопителей дает пример, приводимый в работе «Fitemative Fuels from Slurry Ponds», dark D. Harrison, President, CQ Inc., David J. Akers, Vice President, CQ Inc., William R. Carson, Projctct Manager, Tennesses Valley Authoriti.

Мощность установки — 700 МВт, мелкий уголь из шламонакопителя используется в виде водоугольного топлива (ВУТ) после предварительного обогащения и в рядовом виде зольностью около 30%. Количество ВУТ соответствует 20%-ной тепловой нагрузке агрегата. Расстояние до электростанции - 3,2 км.

Для варианта без обогащения годовые затраты составят, млн. \$:

- на извлечение и транспортирование угольной мелочи - 4;
- оборудование для сжигания "co-firing" с пылевидным углем - 3.

В другом источнике ("Economics of coal fines utilisation", V. Hathi and E. McHale, Science Applications International Corporation, M. Ramezan, Burns & Roe Services Corporation, Winslow, U.S. Department of Energy/Pittsburgh Energy Tehnology Center) приведены результаты технико-экономического анализа извлечения 100 т/ч мелкого угля (отходов обогащения) непосредственно из технологической линии обогатительной фабрики и приготовления из нее водоугольного топлива (ВУТ) массовой концентрации 50% для комбинированного сжигания в котлоагрегате мощностью 700 МВт при нагрузке 65%.

Номинальная тепловая мощность котлоагрегата - 2520 ккал/кВт·ч.

Потребление топлива - 1764 Гкал/ч.

Стоимость угля-питания - 6,55 \$/Гкал. Стоимость ВУТ - 2,98 \$/Екал.

В качестве исходных для расчета были приняты условия:

стоимость исходного потока шламов не учитывается, поскольку он является частью потока угля, поступающего на обогатительную фабрику; срок службы установки - 20 лет; коэффициент использования установки - 80%; коэффициент инфляции - 1,4 %; исчисление амортизации по убыванию остатка - 7 лет; номинальный расход после вычета налогов - 15-20%, в зависимости от варианта реализации продукта; суммарный налог - 38%; налог на недвижимое имущество - 2%; извлечение угольной мелочи из шлама - 70%; массовая концентрация ВУТ - 50%; теплота сгорания ВУТ-3850 ккал/кг; производительность по ВУТ - 80 т/ч.

Предусмотрено три варианта реализации продукта:

А - Котельное топливо состоит из 40% угольной мелочи в виде ВУТ и 30% сухого угля крупностью 0,6 - 0,15 мм. Номинальная норма прибыли - 15%.

В - То же при норме прибыли 25%.

С - Котельное топливо представлено 40% угольной мелочи в виде ВУТ.

Массовая концентрация ВУТ - 50%.

Годовое энергосодержание - 1975680 Гкал/год, что составляет 20% теплоты для энергоблока 700 МВт при нагрузке 65%.



Таблица 3 - Затраты для поставщиков и потребителей угольной мелочи, млн. \$

Категория затрат	Поставщик	Потребитель
Капзатраты без непредвиденных расходов	6,87	3,00
Капзатраты с непредвиденными расходами	8,93	3,90
Фиксированные эксплуатационные и затраты на техобслуживание (годовые)	2,44	0,17
Переменные эксплуатационные и затраты на техобслуживание (годовые)	2,22	1,65
Оборотный капитал	0,38	0,16

Окупаемость: для варианта А - 0,4 года, В - 0,44 года, С-1,12 года.

**Выводы.** Наш более, чем 15-летний опыт исследований ЭЗК, работающих в различных условиях, впервые позволил разработать гидравлическую схему ЭЗК (рис. 1) для добычи шлама. Оригинальная конструкция всасывающего устройства, разработанная одним из авторов статьи, позволит увеличить производительность по твердому материалу в 2,5... 5 раз по сравнению с традиционными земснарядами.

Испытания эрлифта ЭЗК, проведенные нами на реке Югань (Западная Сибирь) позволили получить экспериментальную зависимость  $q = f(a)$ , необходимую для расчета эрлифта. На базе этих испытаний разработана уточненная методика расчета эрлифта для работы в данных условиях.

Большой опыт проектирования эрлифтов, накопленный авторами, позволил разработать технический проект ЭЗК для добычи шлама в условиях шламонакопителей ГОФ «Красноармейская».

Приведенные экономические выкладки показывают целесообразность разработки шламонакопителей Донбасса.

Список источников.

1. Энциклопедия эрлифтов /Папаяни Ф.А., Козыряцкий Л.Н., Пашенко В.С., Кононенко А.П., Донецк, Москва, издательство «ИнформСвязьИз-дат», 1995.-589 с.
2. Гидроподъем полезных ископаемых /Антонов Я.К., Козыряцкий Л.Н., Пашенко В.С., Малашкина В.А. и др. - М.: Недра, 1995. - 173 с.
3. Эрлифтные установки /Гейер В.Г., Козыряцкий Л.Н., Пашенко В.С., Антонов Я.К. Донецк: ДПИ, 1982. - 64 с.
4. Эрлифтно-земснарядные комплексы для добычи песка. Холмогоров А.П., Козыряцкий Л.Н., Антонов Я.К. - Строительство трубопроводов, 1988, №5.
5. Эксплуатация Эрлифтно-земснарядных комплексов в Западной Сибири. Холмогоров А.П., Козыряцкий Л.Н. и др. Строительство трубопроводов, 1990, №4.