

УДК 622.23.05

**В.П. Дробаденко, Н.Г. Малухин, А.М. Лев,
С.В. Тимошенко, А.Л. Вильмис**

ОСОБЕННОСТИ ЭРЛИФТНОГО ПОДЪЕМА ПРИ ОСВОЕНИИ ПОДВОДНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ, ШЕЛЬФОВЫХ И ГЛУБОКОВОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

До настоящего времени большинство эрлифтных установок эксплуатировалось в подземных условиях с относительно малым коэффициентом погружения (например, на угольных шахтах). Поэтому, существующие методики адаптированы к таким условиям и их применение для расчета морских эрлифтов приводит к ошибкам. Предложена новая базовая физико-аналитическая модель эрлифтирования при освоении морских месторождений.

Ключевые слова: эрлифтная установка, коэффициент погружения, морской эрлифт, физико-аналитическая модель.

Эрлифтный подъем является одним из основных технологических процессов при скважинной гидродобыче, разработке шельфовых и глубоководных месторождений [1]. Технология и технические средства эрлифтного подъема оказывают определяющее влияние на тип добычного комплекса, режима его работы, производительность, глубину разработки, крупность перемешаемых кусков твердого, а также, непосредственно на экономическую возможность разработки сложно-структурных месторождений.

Эрлифтная схема подъема заключается в подъеме на поверхность твердого полезного ископаемого (с возможным включением негабаритных валунов диаметром 500–600 мм) в двух (вода-твердое) и трехфазном потоке (воздух – вода – твердое). При этом сжатый воздух может подаваться в подъемный трубопровод эрлифта в любом месте по его высоте. Вследствии уменьшения плотности трёхфазной смеси (вода – воздух – твердое) – после смесителя по сравнению с

двухфазной смесью – до смесителя, под действием высокого внешнего давления, в плоскости всасывания возникает градиент давления, который создает транспортирующие скорости потока гидросмеси по всей длине подъемного трубопровода эрлифта.

Рассматривая расходно-напорную характеристику эрлифта (рис. 1), следует заметить, что его работа начинается не в момент подачи воздуха в смеситель, а с некоторого начального расхода – барботажного. Непосредственно, характеристика эрлифта представляет собой перевернутые неравнобокие параболы для каждого конкретного значения относительного коэффициента погружения смесителя эрлифта. Касательная к кривой характеристики эрлифта (проведенная из начала координат), определяет режим его работы с максимальным КПД.

Поскольку эффективность работы эрлифта определяется значением удельного расхода воздуха

$$G = \frac{V_r}{Q_{ж}}, \quad (1)$$

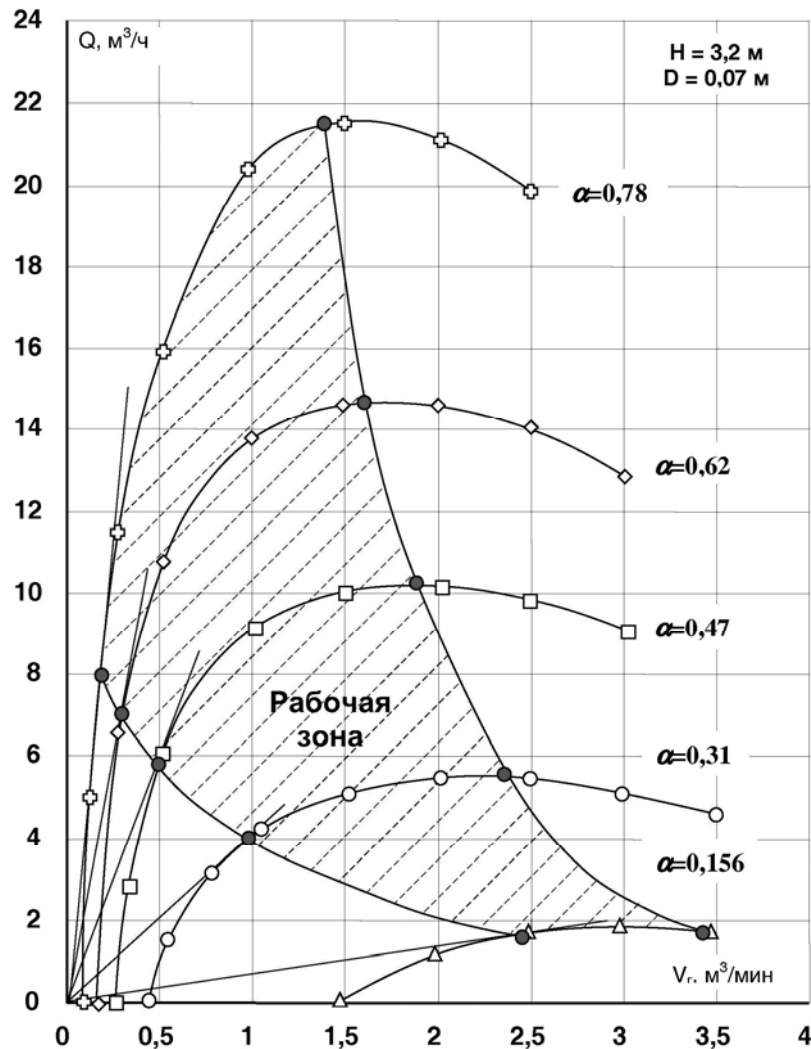


Рис. 1. Расходно-напорная характеристика эрлифта (с рабочей зоной)

то это искомое значение всегда будет больше как до точки касания касательной, так и после.

Таким образом, на всем геометрическом месте точек характеристики эрлифта имеет место только одна точка касания, при которой эксплуатация эрлифтного подъема происходит в режиме максимального КПД (минимального удельного расхода воздуха) (рис. 1).

Горизонтальная касательная к кривой характеристики эрлифта в точке касания определяет режим работы эрлифта с максимальной производительностью для данной кривой.

Соединение точек максимальной производительности для различных кривых расходно-напорной характеристики (при переменном коэффициенте погружения системы эрлифта) ограничивает работу эрлифта в ре-

жиме максимальной производительности (при конкретном диаметре подъемного трубопровода D).

Совмещение точек работы эрлифта с максимальным кпд ограничивает эксплуатацию эрлифта в оптимальном режиме.

Ограничение линиями работы эрлифта с максимальным кпд и максимальной производительностью определяет рабочую зону эксплуатации эрлифта для всей совокупности коэффициентов погружения смесителя эрлифта (рис. 1).

Впервые аналитическую связь режимов работы эрлифта с максимальной производительностью и максимальным кпд выявил ученый нефтяник А.П. Крылов [2] в виде простого соотношения, но действительного для реальных условий работы газлифта при нефтедобыче (коэффициент погружения смесителя соответствует $\alpha \leq 0,2$), что отсутствует в эрлифтных гидротехнологиях при освоении континентальных и шельфовых месторождений.

$$Q_{opt} = (1 - \alpha) Q_{max}, \quad (2)$$

где Q_{opt} и Q_{max} – соответственно, производительность эрлифта при эксплуатации его в режиме максимального кпд и максимальной производительности, $\text{м}^3/\text{с}$.

Основываясь на широком экспериментальном материале, наиболее точно описывает искомую функцию следующая зависимость (для $\alpha = 0,1 \div 0,98$)

$$Q_{opt} = Q_{max} 0,73 \sqrt[3]{\ln \frac{1}{\alpha}}. \quad (3)$$

В гидрогеологии и бурении [3,4] эрлифты рассчитываются, как правило, по формуле энергетического баланса, где энергию, затраченную на

сжатие воздуха, приравнивают к энергии, необходимой для водоподъема.

$$\mu_3 = \frac{Q_{ж} h_o \rho_o g}{V_r P_a \lg \frac{h+10}{10}}, \quad (4)$$

где μ_3 – кпд эрлифтного подъема; h_o , h – соответственно, высота переподъема и глубина погружения смесителя, м; P_a – атмосферное давление, Па; ρ_o – плотность воды, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$V_r P_a \lg \frac{h+10}{10}$ – энергия, необходимая

для сжатия воздуха, Дж; $Q_{ж} h_o \rho_o g$ – энергия, необходимая для подъема жидкости на высоту h_o над уровнем окружающей жидкости, Дж.

Суреньяни Я.С. [3], разделив обе части выражения (4) на величину производительности эрлифта, получил формулу удельного расхода воздуха, т.е. количество воздуха, необходимого для подъема 1 м^3 воды.

$$q = \frac{h_o}{\mu_3 10 \lg \frac{h+10}{10}}. \quad (5)$$

В обозначении автора ($\alpha_1 = \frac{H}{h}$), выражение (5) имеет вид

$$q = \frac{h_o}{\mu_3 10 \lg \frac{h_o (\alpha_1 - \alpha) + 10}{10}}. \quad (6)$$

Так как максимальный кпд эрлифта определен для каждой рабочей характеристики (как указывалось ранее единственной точкой) с определенным коэффициентом погружения смесителя и диаметром подъемной трубы, общий подход в решении вопроса подъема жидкости эрлифтом приводит к результатам, значительно

отличающихся от данных практики (на порядок и выше) и не может удовлетворять требованиям технологии освоения континентальных и шельфовых месторождений.

Настоящую (хотя и приближенную) теорию эрлифтного подъема еще в 50-х годах прошлого столетия предложил Гейер В.Г. [5], а его сотрудники в последующие годы (до настоящего времени) [6] её усовершенствовали только внешне коэффициентами коррекции, но основные базовые концепции остаются теми же, что и были предложены Гейером В.Г.

Школа проектирования эрлифтов для гидрошахт имеет большую историю, как в развитии научного направления (совершенствованием теории эрлифтного подъема по методике Гейера В.Г. занимались 41 аспирант и в последующем кандидат технических наук) и практики (на основании этой методики разработаны многочисленные рекомендации по использованию эрлифтов по очистке от угля шахтных водосборных емкостей).

Например, на шахте «Красноармейская» (Донецкий бассейн) был спроектирован эрлифт для подъема угля [5] с производительностью по твердому $Q_t = 700$ т/ч при длине подъемной трубы $h = 320$ м и ее диаметре $D = 840$ мм.

Шахта «им. 50-летия СССР» при глубине 718 м имеет эрлифтный подъем с производительностью 400 т/ч и диаметром подъемной трубы $D = 502$ мм.

Исходя из этого, требуется отдельное рассмотрение данной научной школы с целью возможного её использования в области проектирования эрлифтных систем при освоении подводных континентальных шельфовых и глубоководных месторождений.

Используя достаточно упрощенную структуру уравнения баланса градиента давления в плоскости всасывания эрлифта и с учетом только потерь давления на трение по длине его подъемного трубопровода, можно получить выражение производительности эрлифта при работе на воде

$$Q_{ж} = \sqrt{\frac{g\pi^2}{8}} \sqrt{\frac{h}{\lambda H}} \frac{\sqrt{(1+q_{cp}) - \frac{1}{\alpha}}}{1+q_{cp}} D^{2.5}. \quad (7)$$

Это выражение идентично уравнению Гейера В.Г., установленному в начале 50-х годов и используемому для проектирования эрлифтного подъема на гидрошахтах [6] и подъема воды по гидрогеологическим скважинам [7, 8] до настоящего времени и имеющему следующий вид

$$Q_{ж} = 3,46 \sqrt{\frac{h}{\lambda H}} \frac{\sqrt{(1+q_{cp}) - \frac{1}{\alpha}}}{1+q_{cp}} D^{2.5}. \quad (8)$$

Таким образом, коэффициент 3,46 в реальности равен

$$\sqrt{\frac{g\pi^2}{8}} = 3,48 \quad (9)$$

где h , H – соответственно, глубина погружения смесителя и полная длина подъемного трубопровода эрлифта, м; λ – коэффициент гидравлических сопротивлений; D – диаметр подъемного трубопровода эрлифта, м; q_{cp} – удельный средний расход воздуха, приведенный к среднему давлению по длине подъемного трубопровода.

$$q_{cp} = q \frac{P_a}{P_{ar} + \frac{\rho gh}{2}}, \quad (10)$$

q – удельный средний расход воздуха, приведенный к атмосферному давлению P_a согласно рекомендациям Гейера В.Г.

$$q_{cp} = 60e^{-9,2}. \quad (11)$$

Заметим, что совмещая выражения (11) и (8), в частности числитель $(1 + q_{cp}) - \frac{1}{\alpha}$, имеем отрицательную итоговую величину при $\alpha \geq 0,42$. Т.е. выражение (8) можно использовать при проектировании шахтных эрлифтов при небольших величинах относительно коэффициента погружения смесителя ($\alpha < 0,4$), чего нет в условиях освоения подводных континентальных, шельфовых и глубоководных месторождений.

Имеются рекомендации по проектированию глубины эрлифтных установок [7, с. 17–23] для величин относительного коэффициента погружения смесителя $\alpha = 0,8 \div 0,98$. Расчетное выражение идентично уравнению (8)

$$Q_{ж} = KqD^{2,5}, \quad (12)$$

где K – коэффициент подачи

$$K = 0,78\sqrt{\alpha} \frac{\sqrt{q + \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right)}}{1 + q}. \quad (13)$$

Поскольку $\alpha = 0,8 \div 0,98 \approx 1,0$, выражение (13) примет вид

$$K = f(\alpha^{0,5}) \text{ и } Q_{ж} = f(\alpha^{0,5}). \quad (14)$$

Но практически все исследователи эрлифтного подъема [9] показывают, что производительность эрлифта по воде находится в степенной зависимости от относительного коэффициента погружения смесителя с показателем степени $n=1 \div 1,6$ [9,10,11]

$$Q_{ж} = f(\alpha^{1+1,6}). \quad (15)$$

Гидродинамические и качественные характеристики перемещения

многофазных потоков внутри гидродобычного агрегата (как при гидроэлеваторной, так и, особенно, при эрлифтной схемах подъема) и на выходе из него принципиально различны, как различен и энергетический баланс, оценивающийся по этим характеристикам. Вместе с тем, основные энергетические показатели перемещаемой гидросмеси (потери напора от трения, от поддержания твердого во взвеси, местные) оцениваются по расходным параметрам потока на выходе из гидродобычного агрегата, а не по истинным в его проточной части (пульповоде) по всей высоте эксплуатационной скважины. Такая проблема признана многими исследователями, но либо не рассматривается совсем [12, 13, 14], либо чрезвычайно упрощена [15] или предполагает только начальные положения [16, 17, 18].

Следовательно, освоение подводных континентальных, шельфовых и глубоководных месторождений (где в значительной степени возрастут потери напора на трение), содержащие крупно-галечные включения, а также полезные ископаемые с большой объёмной массой (где определяющая роль будет представлена потерями на поддержание твердого во взвеси) требует оценки энергетического баланса гидроподъёма на основе штатной гидродинамической ситуации по пульповоду, а не по расходным показателям на выходе.

Принимая уровень размещения смесителя (место ввода воздуха) как границу раздела транспортируемых фаз несжимаемой гидросмеси в линии всасывания ниже смесителя (двухфазного потока: вода–твердое) и сжимаемой среды в линии нагнетания выше смесителя (трехфазной смеси: воздух–вода–твердое), установим уравнение баланса давлений в смеси

теле в динамике развития процесса эрлифтирования.

Вес элементарного объема трехфазной смеси ($\omega \cdot d_x$) состоит из:

– веса газа

$$dG_r = \omega d_x (S_r^H)_и \rho_r g; \quad (16)$$

– веса твердого тела

$$dG_{тв} = \omega d_x (S_{тв}^H)_и (1 - (S_r^H)_и) \rho_{тв} g; \quad (17)$$

– веса жидкости

$$dG_{ж} = \omega d_x \left\{ 1 - [(S_{тв}^H)_и] (1 - S_r)_и + (S_r^H)_и \right\} \rho_{ж} g, \quad (18)$$

где ω – площадь поперечного сечения эрлифтного трубопровода, м²; d_x – элементарная (единичная) высота подъема, м; $(S_{тв}^H)_и$, $(S_r^H)_и$, $(S_{ж}^H)_и$ – соответственно, истинное содержание в трехфазном вертикальном потоке смеси выше смесителя газа, твердого и жидкости; ρ_r , $\rho_{тв}$, $\rho_{ж}$ – соответственно плотности газа, твердого и жидкости, кг/м³.

Истинное содержание составляющих трехфазную смесь (выше смесителя):

– истинное содержание газа

$$(S_r^H)_и = \frac{V_{r(x)}}{1, 2V_{r(x)} + Q_{тв} + Q_{ж} + Q_r}; \quad (19)$$

– истинное содержание твердого

$$(S_{тв}^H)_и = \left(\frac{1}{(Q_{ж} + Q_{тв}) - U_{ст} \omega} \right) \times \quad (20)$$

$$\times (1 - (S_{ж}^H)_и);$$

– истинное содержание жидкости

$$(S_{ж}^H)_и = 1 - [(S_{тв}^H)_и + (S_r^H)_и], \quad (21)$$

где $V_r(x)$ – текущий расход газа, м³/с;

$Q_{тв}$, $Q_{ж}$, Q_r – соответственно, производительность эрлифта по твердому, жидкости (воде) и расход обтекающего воздушный пузырь потока из-за негерметичности пузыря,

$Q_r = 0, 35 \sqrt{gD} \omega$, м³/с; $U_{ст}$ – гидравлическая крупность твердого в стесненных условиях, м/с

В конечном итоге, уравнение баланса давлений при эрлифтном подъеме соответствует равенству наружного давления в плоскости всасывания и суммарному давлению столба двухфазной (до смесителя) и трехфазной смеси (после смесителя)

$$P_{нап} = \sum (P_{вс} + P_{п}), \quad (22)$$

где $P_{вс}$ – потери давления двухфазного потока в линии всасывания, Па:

$$P_{вс} = (h_{тр} + h_{вх} + h_{под}) \rho_{п} g, \quad (23)$$

$P_{п}$ – давление трехфазного потока в линии нагнетания (с учетом выражений (16), (17), (18), (19), (20), (21)):

$$P_{п} = \int_0^h \frac{1}{\omega} (G_{тв} + G_r + G_{ж}) \rho_{см} g d_x, \quad (24)$$

$P_{нап}$ – наружное давление у плоскости всасывания, Па:

$$P_{нап} = P_{ат} + (h_n + h_{вс}) \rho_{п} g \quad (25)$$

где $P_{ат}$ – атмосферное давление, Па; $\rho_{п}$ – плотность гидросмеси, кг/м³.

Используя выражение (22), (23), (24) и (25) после некоторых алгебраических преобразований, получим базовую физико-аналитическую модель процесса эрлифтирования твердого при освоении подводных континентальных, шельфовых и глубоководных месторождений [19]

$$H = \frac{\left[h_H \left(N + \frac{h_H + h_{bc} \rho_{ж}}{h_H \rho_{п}} \right) \right] - \left[1 - BN \lg \left(1 + \frac{1}{N(1+1,2B)} \right) \right] + \left[h_{bc} + \left(1 + \lambda_{п} \frac{h_{bc}}{D} + \xi_{bc} \right) \frac{U_{bc}^2}{2g} \right]}{\left[\frac{\lambda_{cm}}{2gD} \left(\frac{1,1Q_{п} + \frac{Q_r^2}{2}}{\omega} \right)^2 \right]} \times \left[1 + BN \lg \left(1 + \frac{1}{N(0,05\pi + 1,2B)} \right) \right], \quad (26)$$

где $\lambda_{п}$, λ_{cm} – соответственно, коэффициенты гидравлического сопротивления двухфазного потока в линии всасывания h_{bc} и трехфазного в линии нагнетания h_H ;

$$N = \frac{P_{ар}}{\rho_{п} g h_H};$$

$$B = \frac{V_r}{1,2(Q_{ж} + Q_{тв}) + Q_r};$$

$$H = h_H + h_o;$$

V_r – расход воздуха, необходимого для работы эрлифта с заданными рабочими параметрами, м³/с; U_{bc} – скорость двухфазной смеси в линии всасывания h_{bc} , м/с; h_o – высота подъема над статическим уровнем жидкости, м. Сравнительная оценка опытно-аналитических показателей процесса эрлифтирования (табл. 1) с опытными данными зарубежных исследователей [19], показала их удовлетворительную сходимость.

Кроме того, при проектировании эрлифтного гидроподъема (особенно глубоководного), необходимо учитывать динамическое давление в эрлифте, которое меньше пускового на ве-

личину суммарных потерь напора в линии всасывания

$$P_{д} = \rho_o g h_H - P_{bc}. \quad (27)$$

При глубине подъема 4000–5000 м, динамическое давление может быть меньше пускового на 25÷30 ат, что значительно снижает энергоемкость процесса эрлифтирования и не учитывать это нельзя.

Существенное снижение давления на компрессоре возможно при его сжатии на глубине ввода воздуха в смеситель.

Приращение давления столба воздуха при его сжатии на элементарном (единичном) участке равно

$$dP = \rho_r g dx, \quad (28)$$

где ρ_r – текущая плотность сжатого воздуха, кг/м³

$$\rho_r = \frac{P}{RTg} \quad (29)$$

или с учетом выражения (28), имеем

$$dP = \frac{P}{RT} dx \quad (30)$$

после разделения переменных

$$\frac{dP}{P} = \frac{dx}{RT}, \quad (31)$$

где R – универсальная газовая постоянная ($R=29,3$); T – абсолютная температура ($T=290^\circ$)

После интегрирования обеих частей уравнения (31), получим

$$\int_{P_{ар}}^P \frac{dP}{P} = \int_0^h \frac{h}{RT}$$

или

$$\ln \frac{P}{P_{ар}} = e^{\frac{h}{RT}}. \quad (32)$$

Сравнительная оценка опытных и расчетных показателей эрлифтного подъема

Транспортируемый материал	Геометрические параметры			Расходные параметры (м ³ /с · 10 ⁻³)			
	h _{вс} , м	h _н , м	h _о , м	Опытные		Расчетные	
				Q _{тв}	V _г	Q _{тв}	V _г
гравий ρ _г = 2675 кг/м ³ d _г = 5 · 10 ⁻³ м D = 0,3 м	290	152	7,7	2,57	262	2,605	273
	197	246	6,8	9,34	510	9,9	540
	341	104	6,3	5,27	544	5,3	549
	101	222	6,9	7,11	629	8,01	642
песок ρ _г = 2610 кг/м ³ d _г = 6 · 10 ⁻⁴ м	1,97	45	7,4	7,5	481	8,1	519
	4,9	46	6,4	5,53	252	5,97	272
	101	48	8,4	11,28	355	11,7	369
лигниты ρ _г = 1143 кг/м ³ d _г = 5 · 10 ⁻² м	341	103	7,0	20,1	713	20,9	743
	290	153	6,8	25,4	691	27,4	746
	197	245	7,4	15,7	505	16,6	535

Пример: если глубина погружения смесителя $h = 700$ м, то давление на компрессоре можно уменьшить в 1,09 раз, т.е. до 6,4 МПа вместо 7,0 МПа.

$$\frac{P}{P_{ат}} = e^{\frac{700}{29,3 \cdot 290}} = 1,09. \quad (33)$$

Если глубина погружения смесителя соответствует $h = 3000$ м, то

$$\frac{P}{P_{ат}} = e^{\frac{3000}{29,3 \cdot 290}} = 1,42 \quad (34)$$

пусковое давление на компрессоре можно уменьшить в 1,42 раза.

Таким образом, проектирование эрлифтного подъема при освоении подводных континентальных, шельфовых и глубоководных месторождений необходимо проводить по базовой физико-аналитической формуле (26) с учетом истинной гидродинамической ситуации по всей проточной части подъемного трубопровода эрлифта с учетом динамического давления в смесителе и увеличения плотности воздуха за счет его сжатия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дробаденко В.П.; Малухин Н.Г. Освоение подводных континентальных, шельфовых и глубоководных месторождений М., 2008. – с. 271.
2. Крылов А.П., Муравьев И.М. Эксплуатация нефтяных месторождений. М., Гостопиздат, 1949, с. 336.
3. Суреньяни М.С. Водосливные установки. М.: Недра, 1967. – с. 183.
4. Гаджимян Р.А., Калинин А.Г., Сердюк Н.И. Расчеты в бурении. М.: РГРУ, 2007. – с. 665.
5. Гейер В.С. Эрлифтные установки. Донецк, 1982. – с. 47.
6. Кзыряцкий Л.И. Гидроподъем полезных ископаемых. М.: Недра, 1995. – с. 187.
7. Алексеев В.В., Сердюк Н.И. Рациональный выбор средств подъема воды (раствора) по гидрогеологическим скважинам, М.: МГТУ, 2005. – с. 214.
8. Алексеев В.В. Рациональный выбор водоподъемных средств для подъема воды по гидрогеологическим скважинам. М., 2002. Вып. 4, АОЗТ, «Геоинформмак». – с. 43.
9. Малухин Н.Г. Развитие теории, методов расчета скважинной гидротехнологии и их реализация при разработке полезных ископаемых. Дисс. на соискание ученой степени докт. технических наук, 1992.

10. *Логвинов И.Г.* Математическое описание безразмерных характеристик эрлифтов. II Всесоюзная конференция «Механизация сыпучих материалов» МВ ССО СССР, ОТИП, 1971, с. 21–27.
11. *Белов Б.А.* Методика инженерного расчета эрлифтных установок (снарядов). Рига, 1925. – с. 21.
12. *Нурок Г.А.* Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. М.: Недра, 1973. – с. 549.
13. *Смолдырев А.Е.* Исследование и метод расчета рудничного трубопроводного транспорта. Диссертация на соискание ученой степени докт. техн. наук. М.: 1961. – с. 269.
14. *Смолдырев А.Е.* Об относительной скорости движения твердых частиц в потоке жидкости. Известия АН СССР, серия геофиз, 1959, №2. – с. 1876–1880.
15. *Смолдырев А.Е.* Трубопроводный транспорт. М.: Недра, 1980. – с. 223.
16. *Силин Н.А., Коберник С.Г.* Режимы работы крупных землесосных снарядов. АН УССР, 1962. – с. 184.
17. *Харин А.И.* Разработка грунтов плавающими землесосными снарядами. М.: Стройиздат, 1966. – с. 236
18. *Юрин А.П.* Гидромеханизация. М., Стройиздат, 1974. – с. 223.
19. *Dedegil J., Weber M.* New experimental results regarding extreme operation conditions in air lifting and principle and its applicability to deep-sea mining. Aydrotransport 5, Snt.symp. 1978. – p. 21–31. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Дробаденко В.П. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой геотехнологии и комплексного освоения месторождений полезных ископаемых
Малухин Н.Г. – доктор технических наук, профессор кафедры геотехнологии и комплексного освоения месторождений полезных ископаемых (ФГРиР)
Лев А.М., Тимошенко С.В., Вильмис А.Л. –
 Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, office@msgpa.edu.ru



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Мельник В.В., д.т.н., профессор кафедры ПРГПМ,

Сяитов Р.И., аспирант кафедры ПРГПМ,

Бондаренко А.М., аспирант кафедры ПРГПМ,

Московский государственный горный университет

Разработка методики определения производительности разрушения угольного массива скважинными гидромониторными агрегатами (791/03-11 от 02.11.2010) 8 с.

Разработана методика определения производительности разрушения угольного массива скважинными гидромониторными агрегатами на основе анализа взаимодействия зависимостей и факторов, определяющих производительность.

Ключевые слова: Производительность разрушения, угольный массив, скважинные гидромониторные агрегаты.

Melnik V.V., Sjaitov R.I., Bondarenko A.M. WORKING OUT OF A TECHNIQUE OF DEFINITION OF PRODUCTIVITY OF DESTRUCTION OF A COAL FILE CHINKIT HYDROMONITOR UNITS

In article scientific working out of a technique of definition of productivity of destruction of a coal file chinkit by hydromonitor units on the basis of the analysis of interaction of dependences and the factors defining productivity is given.

Key words: Productivity of destruction, a coal file, chinkit hydromonitor units..