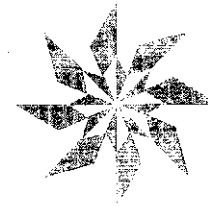


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



## НАУКОВІ ПРАЦІ

Донецького  
державного  
технічного  
університету

Випуск 42

*Серія: гірничо-електромеханічна*

Донецьк - 2002

Т 78  
УДК 622.232

Т 78 Наукові праці *Донецького державного технічного університету*. Випуск 42, серія гірничо-електромеханічна. - Донецьк: ДонДТУ, 2002.- 270 с.

У збірнику опубліковані статті співробітників факультету енергомеханіки і автоматизації (ФЕМА) ДонДТУ, в яких приведені результати наукових досліджень і розробок, виконаних у наступних напрямках:

- створення високопродуктивних технологій, машин і засобів ведення гірничих робіт в складних умовах великих глибин, що забезпечують ліквідацію ручного труда, ресурсозберігання, повноту відроблення запасів і охорону навколишнього середовища;
- розробка теорії роботи комбайнів для видобутку вугілля з тонких пологих пластів з виконавчими органами нового технічного рівня і підвищення технічного рівня гірничих машин як складних динаміко-енергетичних систем, проектування і конструювання гірничих машин і комплексів;
- розробка технологій, засобів і коштів гідроімпульсного і гідрударного руйнування вугілля і порід;
- вдосконалення схем і засобів шахтного водовідливу, підйомних установок;
- автоматизація технологічних процесів і установок шахт, гідрошахт і інших підприємств;
- динаміка газорідинних серед.

У збірник включені також публікації інших організацій, які є науковими партнерами ДонДТУ по спільним дослідженням. Матеріали збірника призначені для викладачів, наукових співробітників, аспірантів, ІТР, студентів.

#### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Д.т.н., проф. Є.О.Башков (головний редактор); к.т.н., проф. В.І.Тарасевич (заст. головного редактора); д.т.н., проф. М.Г.Бойко (відп. за випуск); к.т.н., проф. В.О.Будішевський; д.т.н., проф. В.Г.Гуляєв; д.т.н., проф. М.Г.Логвінов; д.т.н., проф. В.В.Пак; д.т.н. В.С.Білецький; к.т.н., доц. В.Б.Малєєв; к.т.н., доц. Ю.Л.Папушин.

Відповідальний секретар випуску В.В. Грач

Адреса редакційної колегії: 83000, Донецьк, вул. Артема 58, ДонДТУ.

Публікується відповідно до рішення Вченої ради Донецького державного технічного університету, протокол № 5 від 27 червня 2002 р.

© Донецький державний технічний університет

## СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ШАХТНЫХ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УДАРОВ

Алиев Н. А., Коваль А. Н., Чернышев А. В., Антонов Э.И.  
(НИИГМ им. М.М.Федорова, г. Донецк, Украина)

*Шахтные водоотливные установки глубоких горизонтов требуют обязательного применения средств защиты от гидравлических ударов. Авторами спроектированы и внедрены гасители гидравлического удара двух модификаций. Гасители могут устанавливаться как на вертикальных, так и на горизонтальных участках трубопровода.*

*The mine devices for pumping out of water from deep horizons require obligatory application of means of protection of hydraulic impacts. By the authors are designed and are introduced extinguishers of hydraulic impact of two updatings. Extinguishers can be established both on vertical, and on horizontal sites of the pipeline.*

Применение для шахтного водоотлива насосов с напором 1000 м и более повлекло за собой необходимость обязательного применения средств защиты от гидравлических ударов. Практика эксплуатации водоотлива глубоких шахт показала, что в угольной промышленности в настоящее время нет надежных средств защиты ставов и насосов на высокие давления от гидравлического удара. Сектор оборудования шахтных водоотливных установок НИИГМ им. М. М. Федорова проводит цикл работ по исследованию, разработке, изготовлению и внедрению на шахтах Украины комплекса средств защиты шахтных водоотливных установок глубоких горизонтов от гидравлических ударов.

Известно, что гаситель гидравлического удара относится к устройствам защиты напорных трубопроводов (в частности, трубопроводов шахтного водоотлива) от гидравлического удара. Гидравлический удар в трубопроводах вызывается быстрым изменением скорости движения воды, что сопровождается большим изменением давления. В шахтном трубопроводе в общем случае резкие изменения скорости движения воды могут возникнуть в насосных установках при пуске, остановке и регулировании. Особенно опасные колебания давления в шахтных водоотливных установках наблюдаются при

## СОДЕРЖАНИЕ

Алиев Н. А., Коваль А. Н., Чернышев А. В., Антонов Ю.И. Средства защиты шахтных водоотливных установок от гидравлических ударов.....	1
Ариненков Ю.Д. Научная новизна как элемент дидактизма.....	10
Ариненков Ю.Д. Преобразования фракционных характеристик сыпучих материалов.....	15
Ариненков Ю.Д. Оценка раскрытия элементарных фракций полезных ископаемых.....	19
Білецький В.С., Сергєєв П.В. Математичне моделювання процесу адгезійного контакту "вуглемасляна речовина – золото".....	19
Bouko N.G. Dynamics of mechanical systems with random disturbances.....	11
Бойко Н.Г., Бойко Е.Н., Федоров О.В. Зависимость усилия, формирующегося на рабочей боковой грани резца, от ее геометрических параметров и режима разрушения.....	10
Бойко Н.Г., Геммерлинг О.А. Обоснование параметров гидроимпульсной струи генератора установки для проведения скважин.....	54
Бойко Н.Г., Гуржов С.В. Резущий инструмент с вращающейся режущей частью для очистных комбайнов.....	58
Бойко Н.Г., Сивер Л.Н. Продольная модификация профиля зубчатых колес приводов исполнительных органов комбайнов как фактор повышения их энерговооруженности.....	63
Гуляев В.Г., Семенченко Д.А. Математическая модель и метод оптимизации параметров аксиальной коронки проходческого комбайна.....	71
Гуляев К.В., Семенченко А.К. Влияние кинематики секций и трения по их внешнему контуру на формирование нагрузок в системе «Щитовая механизированная крепь – боковые породны».....	84
Гущин В.М. Пневматический транспорт с вращательным движением аэросмесей.....	91
Дубінін С.В., Староверов К.С., Дубінін М.С. Підвищення ефективності використання електропривода гірничої машини.....	91
Каганюк А.К., Саулин В.К. Забойный конвейер как звено объекта управления в профиле пласта.....	101
Каганюк А.К., Путилин И.А. Выбор и обоснование функций цифроаналогового регулятора в системах управления угледобывающих комбайнов в профиле пласта.....	110

Катасонов И.П., Руденко Д.Н. Основы прочностного расчета кранового барабана при параллельной навивке каната.....	116
Ковалевская В.И., Пак В.В. Локальная диффузорность межлопаточных каналов рабочего колеса – источник повышения экономичности центробежных машин.....	120
Кондрахин В.П., Хищенко А.И. Имитационное моделирование усилия подачи при резании горных пород.....	124
Кононенко А.П., Козыряцкий Л.Н., Мизерный В.И. Влияние процесса изменения состояния рабочего тела на энергоемкость эрлифта.....	130
Крупко В.Г., Лиманский А.В. Оптимизация силовых и кинематических характеристик гидравлического однокосового экскаватора.....	136
Логвинов Н.Г., Гураль В.Г., Глущенко П.П., Шилинговский Н.И. Исследование движения шахтного подъемного сосуда в канатных проводниках.....	141
Логвинов Н.Г., Надеев Е.И., Ганза А.И., Калинин В.В. Определение числа рейнольдса и кинематической вязкости смеси в подъемной трубе эрлифта.....	144
Логвинов Н.Г., Надеев Е.И., Калинин В.В., Ганза А.И. Расчет барботажного режима эрлифта.....	149
Малеев В.Б., Надеев Е.И., Удовенко С.А. Определение параметров газожидкостной смеси при барботажном режиме в эрлифте.....	155
Малеев В.Б., Яценко А.М., Холоша А.С. Экономия электро-энергии на шахтном водоотливе.....	161
Маренич К.Н. Об актуальности применения контакторов серии spvc в схеме трансформаторной подстанции участка шахты.....	173
Новіков Є.М., Староверов К.С. Погрiшнiсть дистанцiйної передачі інформації струмовим сигналом.....	178
Оверко В.М., Овсянников В.П., Ивануна С.В. Впуск-воды – как средство защиты водоотливных установок от гидроударов.....	181
Папушин Ю.Л., Самойлов А.И. К вопросу автоматического управления процессом сгущения отходов флотации.....	187
Рак А.Н., Следь М.М., Шавелкин А.А. Исследование электропривода рудничного электровоза с импульсным регулированием.....	192
Самілін В.М., Сергєєв П.В., Білецький В.С. Самоподрібнення вугілля в процесі тривалого зберігання.....	199

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА РЕЙНОЛЬДСА И КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ СМЕСИ В ПОДЪЕМНОЙ ТРУБЕ ЭРЛИФТА

Логвинов Н.Г. д.т.н., проф.; Надеев Е.И. инж.,

Ганза А.И. асп., Калиниченко В.В. асп.

Донецкий национальный технический университет

*Определено число Рейнольдса и кинематическая вязкость газожидкостного потока в подъемной трубе эрлифта.*

*Reynolds number and kinematics viscosity of gas-and-liquid flow in an airlift hoist pipe are defined in this paper.*

Расчет кинематической вязкости  $\nu$  и числа Рейнольдса  $Re$  для потока газожидкостной смеси в вертикальной трубе является проблемной задачей [1,2,4], решение которой даст возможность рассчитывать потери энергии на гидравлическое трение, скольжение фаз и позволит моделировать движение газожидкостных смесей.

Изотермический газожидкостный поток в подъемной трубе эрлифта считается установившимся и рассматривается как однородная сплошная среда плавно изменяющая свои физические свойства вдоль подъемной трубы эрлифта. Газожидкостная смесь представлена как ньютоновская жидкость с физическими свойствами отличными от физических свойств фаз.

В работе [4] определены потери энергии на скольжение фаз и гидравлическое трение. Мощность гидравлического трения на бесконечно малом перемещении определяется уравнением:

$$dN = Q \rho g \frac{1-k_c}{k_c} dZ, \quad (1)$$

где  $Q$  – подача эрлифта,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\rho$  – плотность жидкости,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$Z$  – координата выбранного сечения в подъемной трубе эрлифта (рис. 2), м;

$g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;

$k_c$  – среднее значение коэффициента скольжения фаз в подъемной трубе эрлифта.

С другой стороны элементарное рассеивание энергии можно рассчитывать через коэффициент Дарси  $\lambda$  и скоростной напор газожидкостной смеси:

$$dN = \lambda \frac{dZ}{D} \frac{Q^3 (1 + k_c q_0 \frac{P_0}{P})^3}{2S^2} \rho, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент Дарси;

$D$  – диаметр проходного сечения подъемной трубы, м;

$q_0$  – удельный расход воздуха.

$P_0$  – атмосферное давление, Па;

$P$  – давление в рассматриваемом сечении, Па;

$S$  – площадь проходного сечения подъемной трубы,  $\text{м}^2$ .

Из (1) и (2) следует:

$$\lambda = \frac{1-k_c}{k_c} \frac{2DS^2g}{Q^2 \left(1 + k_c q_0 \frac{P_0}{P}\right)^3}. \quad (3)$$

При исследовании изменения физических параметров газожидкостного потока вдоль подъемной трубы эрлифта закон изменения абсолютного давления близок к линейному, что подтверждается экспериментами [3]. Подставляя в уравнение (3) значение давления  $P$  в пределах от  $P = P_0 + \rho gh$  до  $P_0$  через бесконечно малый промежуток  $dZ$  определяется значение  $\lambda$ . Проведем исследования физических параметров газожидкостного потока вдоль подъемной трубы на примере эрлифта [2] при  $\alpha = 0,75$ ;  $H = 22,67$  м;  $h = 68$  м;  $D = 0,15$  м;  $\Lambda = 0,00015$ .

Пользуясь уравнениями расчета коэффициента Дарси в соответствии с режимом движения жидкости, определяем:

для ламинарного:

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (4)$$

где  $Re$  – число Рейнольдса.

Для гидравлически гладких труб по Блазиусу:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}, \quad (5)$$

и переходной зоны по уравнению Альтшуля:

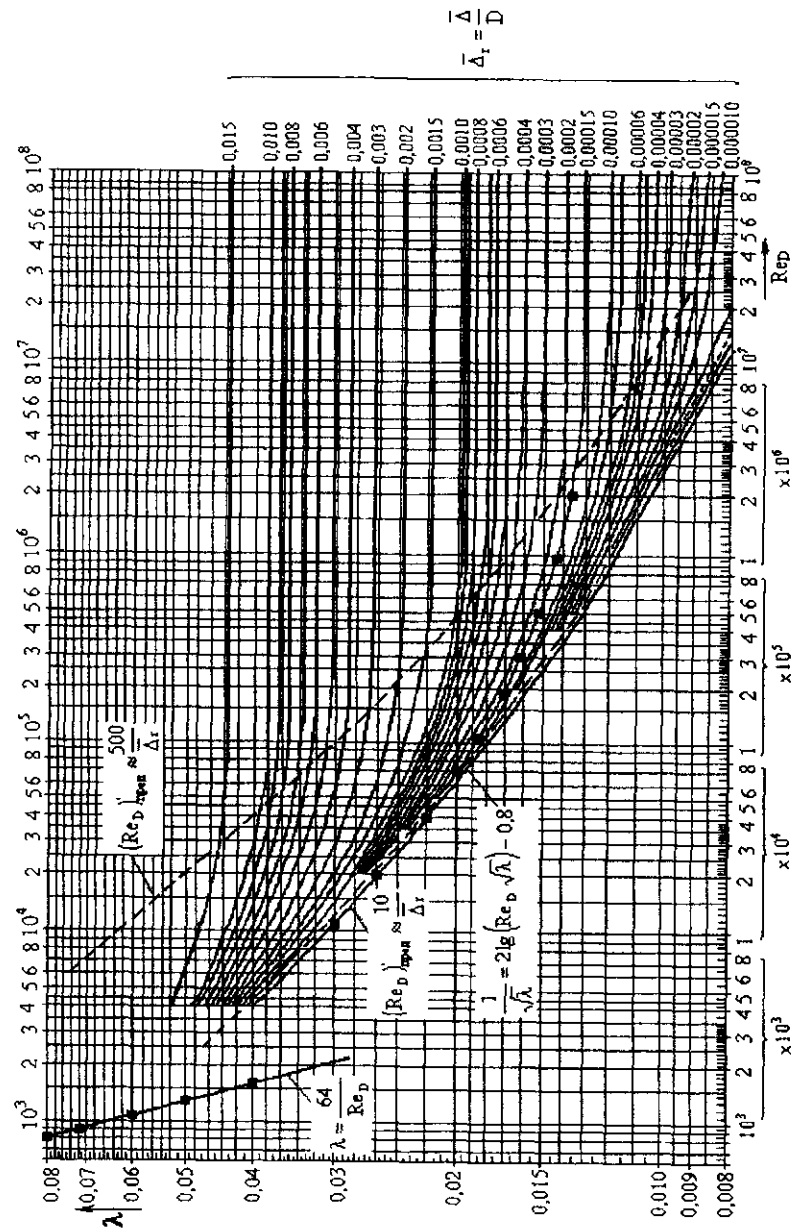
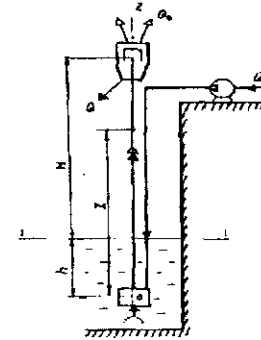


Рис. 1 Графік Кольбука.

Рис. 2. Расчетная  
схема эрлифта

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\bar{\Delta}}{D} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}, \quad (6)$$

где  $\bar{\Delta}$  - эквивалентная шероховатость трубы, м.

Определяются числа Рейнольдса, вязкость смеси из уравнений (4, 5, 6) и выясняется их реальность по диаграмме Кольбука (рис 1).

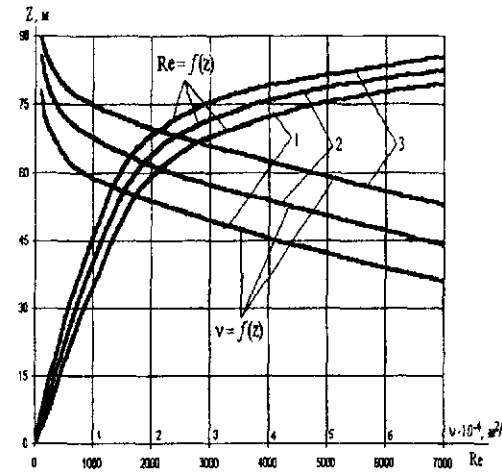


Рис. 3. Зависимость числа Рейнольдса и кинематической вязкости от высоты подъемной трубы эрлифта.

Все точки нанесенные на диаграмму Кольбука отвечают указанным режимам движения жидкости. Изменение числа Рейнольдса  $Re$  и кинематической вязкости смеси вдоль подъемной трубы эрлифта изображены на рис.3. Из анализа графиков рис.3 следует, что режим движения газожидкостной смеси в вертикальной трубе эрлифта аналогичен ламинарному до сечения 1-1, (рис.2) по поверхности уровня жидкости в емкости, откачиваемой эрлифтом. Дальнейший режим движения турбулентный. Значение числа  $Re$  и кинематической вязкости  $\nu$  смеси для квадратичной зоны получены со-

матической вязкости  $\nu$  смеси для квадратичной зоны получены со-

гласно диаграммы Кольбрука в зависимости от относительной шероховатости. В квадратичной зоне кривая числа Рейнольдса  $Re$  асимптотически приближается к горизонтальной прямой проведенной через верхнее сечение подъемной трубы эрлифта.

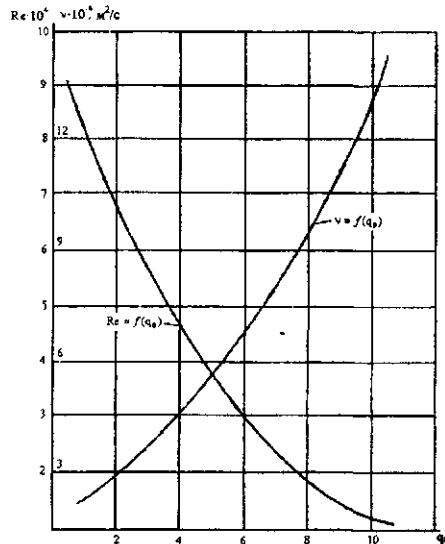


Рис. 4. Зависимость числа Рейнольдса и кинематической вязкости от относительного расхода воздуха.

На рисунке 4 изображена зависимость числа  $Re$  и кинематической вязкости  $\nu$  от относительного расхода воздуха  $q_0$ . Из графиков рис.4 следует, что с повышением  $q_0$ , число  $Re$  уменьшается, а кинематическая вязкость возрастает. Основные потери энергии происходят в подъемной трубе на участке Н подачи эрлифта, то есть в зоне гидравлически гладких труб и квадратичной зоне.

Для уменьшения потерь энергии в подъемной трубе эрлифта необходимо искусственно формировать газожидкостную смесь с целью снижения скольжения фаз и гидравлического трения.

#### Список источников:

1. Аргунов Л.П. Исследование работы эрлифта и его расчет. Труды НИИ оснований и фундаментов министерства строительства СССР. Строительное водопонижение и физика грунтовых вод. Сб. № 20, М., 1963.
2. Костанда В.С. Экспериментальное исследование эрлифта с переменными  $\alpha$  и  $D$  в условиях откачки ствола. Труды донецкого политехнического института. Т. 62, вып. 12 "Гидромеханизация". Донецк., 1961.
3. Крылов А.П. Потери трения и скольжения фаз при движении жидкости и газа по вертикальным трубам. Нефтяное хозяйство № 8, 1935.
4. Логвинов Н.Г., Надеев Е.И. Расчет гидравлического трения и скольжения фаз газожидкостной смеси в эрлифте. – Деп в ЦНИИ уголь. Спр. 3957. М., 1987.
5. Мамаев В.А. Одишария Г.Э. и др. Гидродинамика газожидкостных смесей в трубах. Изд. "Недра". М., 1969.

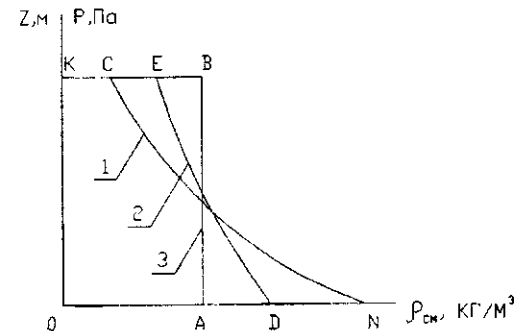
## РАСЧЕТ БАРБОТАЖНОГО РЕЖИМА ЭРЛИФТА

Логвинов Н.Г. докт. тех. наук, проф., Надеев Е.И. инж.,  
Калиниченко В.В. аспирант, Ганза А.И. аспирант,  
Донецкий национальный технический университет

*Определена зависимость распределения давления вдоль подъемной трубы эрлифта.*

*The dependence of pressure distribution along an airlift hoist pipe is defined in this paper.*

Для определения начального момента трогания эрлифта необходимо выяснить физическую суть явлений, происходящих при барботажном режиме работы эрлифта. Экспериментально и теоретически установлено, что закон изменения плотности газожидкостной смеси в эрлифте может изменяться согласно графикам на рис.1.



Кривая 1 получена [3] и соответствуют уравнению:

$$P_{см} = \rho \frac{1}{1 + k \cdot q_0 \frac{P_0}{P}}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воды,  $кг/м^3$ ;

$k$  – коэффициент скольжения фаз;

$q_0$  – удельный расход воздуха;

$P_0$  – атмосферное давление, Па;

$P$  – текущее давление абсолютное в рассматриваемом сечении подъемной трубы эрлифта, Па.