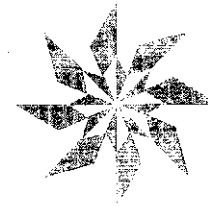


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



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 насосов 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.....	19
Бойко Н.Г., Бойко Е.Н., Федоров О.В. Зависимость усиления, формирующегося на рабочей боковой грани резца, от ее геометрических параметров и режима разрушения.....	40
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.....	99
Дубінін С.В., Староверов К.С., Дубінін М.С. Підвищення ефективності використання електропривода гірничої машини.....	99
Каганюк А.К., Саулин В.К. Забойный конвейер как звено объекта управления в профиле пласта.....	109
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., Ященко 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. Погрішність дистанційної 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

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.

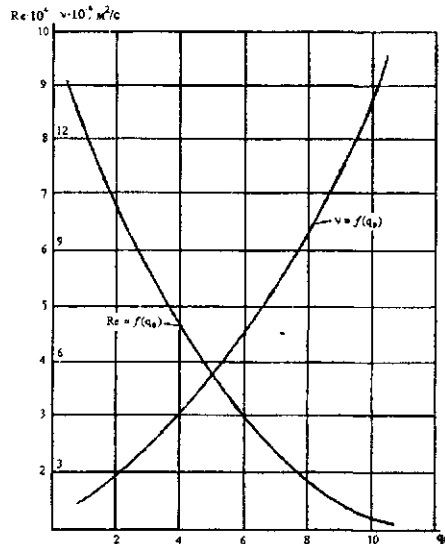


Рис. 4. Зависимость числа Рейнольдса и кинематической вязкости от относительного расхода воздуха.

На рисунке 4 изображена зависимость числа Re и кинематической вязкости ν 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 α 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.

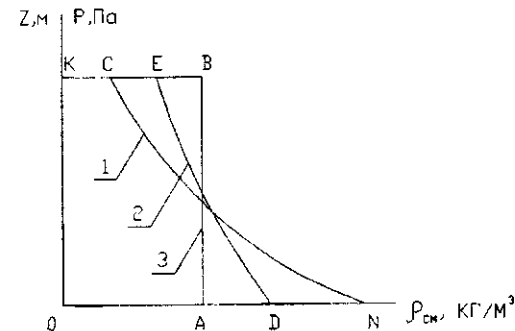
РАСЧЕТ БАРБОТАЖНОГО РЕЖИМА ЭРЛИФТА

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:

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

где p – 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.

Зависимость 2 определена экспериментально [1] и имеет уравнение:

$$\rho_{см} = \rho \cdot \frac{1 + (1 - A) \frac{P_0}{P} q_0}{1 + q_0 \frac{P_0}{P}}, \quad (2)$$

где A – эмпирический безразмерный коэффициент, лежащий в пределах: $0,83 \leq A \leq 0,88$.

Вертикальная прямая 3 соответствует среднему значению плотности смеси, и ее уравнение теоретически определено на кафедре "Горной механики" ДонНТУ и имеет вид:

$$\rho_{ср.см.} = \alpha \cdot \rho, \quad (3)$$

где α – относительное погружение эрлифта, которое определяется уравнением:

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

где h – глубина погружения смесителя эрлифта, м;

H – высота подачи эрлифта, м.

Фигуры, образованные этими линиями, имеют одинаковые площади:

$$S_{ОНСКО} = S_{ОДЕКО} = S_{ОАВКО}. \quad (5)$$

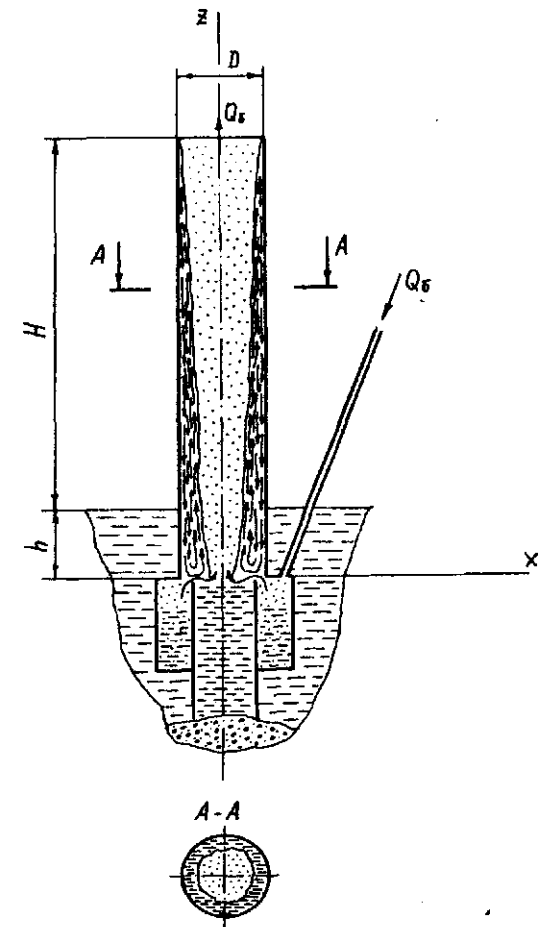
В принятой модели жидкость при барботажном режиме движется в подъемной трубе эрлифта согласно рис. 2. Подача эрлифта при этом равна нулю, но существует скольжение фаз, так как движение воздуха происходит со скоростью большей скорости движения жидкости до устья эрлифта $V_r > V_{ж}$. Отношение скоростей на границе раздела фаз представляет собой скольжение:

$$k = \frac{V_{ж}}{V_r}. \quad (6)$$

Из равенства площадей фигур $S_{ОНСКО} = S_{ОАВКО}$ следует:

$$\frac{\int_{P_1}^{P_0} \rho \cdot dP}{P_2 - P_1 \left(1 + k \cdot q_0 \frac{P_0}{P} \right)} = \alpha \cdot \rho, \quad (7)$$

После интегрирования и преобразования уравнения (7) получим:



$$k \cdot q_0 \cdot \ln \frac{\frac{P_1}{P_0} + k \cdot q_0}{1 + k \cdot q_0} = (1 - \alpha) \left(\frac{P_1}{P_0} - 1 \right). \quad (8)$$

Методом итераций определяем значение kq_0 для различных эрлифтов [2] и сносим в табл. 1.

Из равенства площадей фигур $S_{ODEKO} = S_{OABKO}$ следует:

$$\frac{\int_{P_1}^{P_0} \rho \left(1 + (1-A) \frac{P_0}{P} q_0 \right) dP}{P_1 - P_2} = \alpha \cdot \rho. \quad (9)$$

После преобразований и интегрирования получим:

$$A \cdot q_0 \cdot \ln \frac{\frac{P_1}{P_0} + q_0}{1 + q_0} = (1 - \alpha) \left(\frac{P_1}{P_0} - 1 \right). \quad (10)$$

Для более точного определения A и q_0 методом итераций выясним закон изменения давления по высоте эрлифта, пользуясь уравнением (2):

$$P = P_1 - \int \rho_{cm} \cdot g \cdot dz. \quad (11)$$

Продифференцируем уравнение (11) и с учетом уравнения (2) получим:

$$dz = - \frac{\left(1 + q_0 \frac{P_0}{P} \right) dP}{\rho \cdot g \cdot \left[1 + (1-A) q_0 \frac{P_0}{P} \right]}. \quad (12)$$

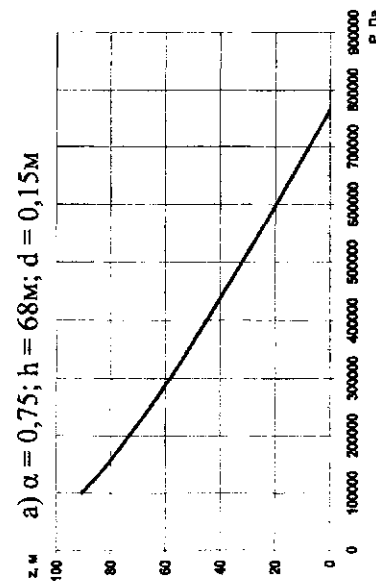
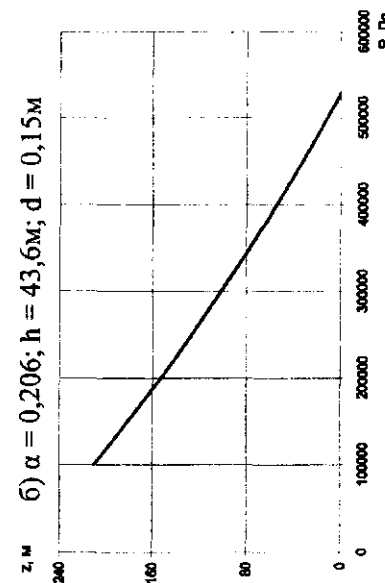
После интегрирования уравнение (12) примет вид:

$$z = \frac{P_1 - P}{\rho \cdot g} + \frac{A \cdot q_0 \cdot P_0}{\rho \cdot g} \cdot \ln \frac{\frac{P_1}{P_0} + (1-A) \cdot q_0}{\frac{P}{P_0} + (1-A) \cdot q_0}. \quad (13)$$

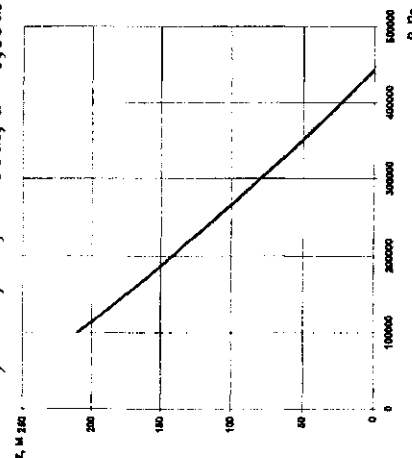
При $z = h + H$ и $P = P_0$ следует:

$$H = A \cdot q_0 \cdot \frac{P_0}{\rho \cdot g} \cdot \ln \frac{\frac{P_1}{P_0} + (1-A) \cdot q_0}{1 + (1-A) \cdot q_0}. \quad (14)$$

Решая совместно (10) и (14) определяем значения q_0 и A при наибольшей сходимости по высоте H подачи эрлифта (экспериментальные данные по [2]). Данные расчета снесены в табл. 1.



г) $\alpha = 0,165; h = 35 \text{ м}; d = 0,15 \text{ м}$



в) $\alpha = 0,4; h = 2 \text{ м}; d = 0,15 \text{ м}$

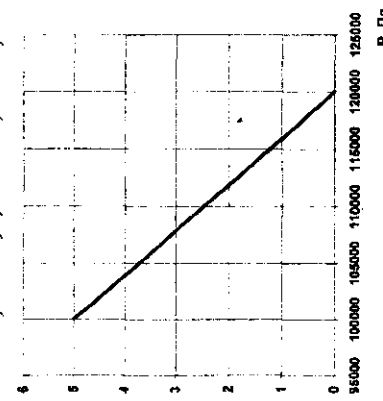


Рисунок 3 – Закон распределения давления вдоль подъемной трубы при барботажном режиме для длинных (а, б, г) и короткого (в) эрлифтов

Таблица 1 - Результаты расчета барботажного режима

α	$h, \text{ м}$	q_0	$кq_0$	$к$	A	$\Delta H, \%$	$\Delta S, \%$
0,75	68,0	1,5701	1,1944	0,7607	0,83	5,216	4,76
0,206	43,6	37,3042	11,699	0,3136	0,86	0,126	3,95
0,165	35,0	50,0653	13,4398	0,2685	0,88	0,823	3,04
0,4	2,0	2,87	1,6482	0,5743	0,83	0,143	0,06

Относительная погрешность при линеаризации зависимости $P=f(z)$ определяется:

$$\Delta S, \% = \frac{|S_{\text{лин.}} - S_{\text{кр.}}|}{S_{\text{кр.}}} \cdot 100\%, \quad (15)$$

где $S_{\text{лин.}}$ – площадь при линейном законе распределения давления, определяется как площадь трапеции, м^2 ;

$S_{\text{кр.}}$ – площадь при криволинейном законе распределения давления, м^2 :

$$S_{\text{кр.}} = - \int_{P_1}^{P_2} z \cdot dP + S_{\text{пр.}}, \quad (16)$$

где $S_{\text{пр.}}$ – площадь прямоугольника со сторонами $H+h$ и P_0 .

На основании расчетных данных по уравнению (13) строим графики распределения давления вдоль подъемной трубы эрлифта (рис.3). Из графиков следует, что закон распределения давления вдоль подъемной трубы эрлифта для коротких эрлифтов носит линейный характер, а для длинных эрлифтов – криволинейная зависимость. Данные погрешности при линеаризации криволинейных зависимостей сведены в табл. 1.

Список источников:

1. Исследование турбулентных течений двухфазных сред / Под ред. Кутателадзе С.С. Новосибирск, 1973.
2. Костанда В.С. Экспериментальное исследование эрлифта с переменными α и D в условиях откачки ствола. Труды донецкого политехнического института. Том 62, выпуск 12 "Гидромеханизация". Сталино, 1961.
3. Логвинов Н.Г., Надеев Е.И., Триллер Е.А., Гого В.Б. Расчет гидравлического трения и скольжения фаз газожидкостной смеси в эрлифтах. Донецкий политехнический институт. – Деп в ЦНИИЭИ уголь. Стр. № 3957 – М., 1987.
4. Справочник по математике. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. М., 1967 г.

УДК 622.276.52:532.529.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ ПРИ БАРБОТАЖНОМ РЕЖИМЕ В ЭРЛИФТЕ.

Малеев В.Б. к.т.н., Надеев Е.И. инж., Удовенко С.А. асп.,
Донецкий национальный технический университет

Определены законы распределения давления и плотности смеси вдоль подъемной трубы эрлифта при барботажном режиме.

The law distributions of pressure and density of mixture along airlifts hoist pipe was defined in this paper.

Основной задачей при расчёте барботажного режима является определение максимального расхода воздуха. Для определения максимального расхода воздуха необходимо изучить физические явления, протекающие в подъемной трубе эрлифта на барботажном режиме: закон изменения плотности и давления вдоль подъемной трубы эрлифта. Газожидкостной столб условно представим состоящим из двух компонентов: воды, расположенной вдоль стенок подъемной трубы и газового стержня переменного сечения. Давление в газовом стержне меняется по изотермическому закону [1]:

$$\frac{dP}{P} = -g \frac{dz}{RT}, \quad (1)$$

где P – абсолютное давление, Па;

g – ускорение силы тяжести, м/с^2 ;

z – координата выбранного сечения, м;

R – газовая постоянная воздуха, $\text{Дж/кг} \cdot ^\circ\text{К}$;

T – абсолютная температура воздуха в эрлифте, $^\circ\text{К}$.

Изотермический закон изменения давления обусловлен техническими условиями эрлифта, отличными от закона распределения давления в столбе воздуха над земным шаром. Введем коэффициент A , который будет учитывать физические условия на выходе из подъемной трубы эрлифта, т.е. физические условия окружающей среды:

$$\frac{dP}{P} = -Ag \frac{dz}{RT} \quad (2)$$

После интегрирования уравнение (2) примет вид

$$\ln P = -Ag \frac{z}{RT} + C_1 \quad (3)$$