

НАУКОВИЙ  
ВІСНИК  
НАЦІОНАЛЬНОГО  
ГІРНИЧОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

*ШАХТНЕ ТА ПІДЗЕМНЕ БУДІВНИЦТВО*  
*РОЗРОБКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН*  
*АЕРОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ*  
*ГЕОЛОГІЯ*  
*ГЕОДЕЗІЯ*  
*ГІРНИЧА МЕХАНІКА ТА МАШИНИ*  
*ЕНЕРГЕТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ*  
*ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ*  
*ЕКОНОМІКА*

**1** 2009

ДНІПРОПЕТРОВСЬК

# НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Засновник та видавець

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ

### РЕДАКЦІЯ:

*Головний редактор –*

Г.Г. Півняк

*Заступники головного редактора –*

О.С. Бешта, П.І. Пілов, О.М. Шашенко

*Відповідальний секретар –*

Л.С. Шломіна

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

А.Д. Алексеев, І.В. Багрова, С.Є. Блохін,  
В.І. Бондаренко, А.Ф. Булат, Б.С. Бусигін,  
Б.В. Виноградов, О.С. Галушко, В.І. Голінько,  
А.І. Горова, С.С. Гребьонкін, Б.А. Грядущий,  
І.Л. Гуменик, Р.П. Дідик, М.О. Доброгорський,  
А.О. Задоя, Є.П. Захаров, М.О. Ільяшов,  
Г.О. Козлакова, Є.В. Кочура, Г.В. Кузнецов,  
О.М. Кузьменко, В.В. Лукінов, Л.В. Новикова,  
Ю.Є. Петруня, В.Ф. Приходченко, В.В. Приходько,  
В.Ю. Пушкін, В.В. Радченко, Т.Б. Решетілова,  
А.М. Роєнко, І.О. Садовенко, В.І. Саллі, В.О. Салов,  
В.І. Самуся, В.В. Слесарєв, М.С. Сургай,  
В.В. Ткачов, О.М. Туркенич, К.Ф. Тяпкін,  
В.П. Франчук, Ю.М. Халимендик, Ю.Т. Хоменко,  
Л.Н. Ширін, Ф.П. Шкрабець

### ЗАКОРДОННІ ЧЛЕНИ

#### РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

І.В. Дементьєв (Росія), Л. Вільке (Німеччина),  
А. Земба (Польща), Н. Іліас (Румунія),  
М.І. Кучерський (Узбекистан), Н. Мартенс (Німеччина),  
Гюнхан Пашамехметоглу (Туреччина),  
Л.А. Пучков (Росія), Я. Семек (Польща),  
В. Страхош (Чехія), М. Шмідт (Німеччина)

Верстка та редагування: С.П. Іванов

Журнал підписано до друку за рекомендацією вченої ради Національного гірничого університету  
(протокол № 8 від 16.12.2008 року)

---

Поштова адреса редакції:

49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19, корпус 4, к. 49

Тел.: 8 (056) 3730702

e-mail: [HomenkoO@nmu.org.ua](mailto:HomenkoO@nmu.org.ua)

Журнал зареєстровано у Державному комітеті інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України. Реєстраційний номер КВ № 6875 від 20.01.03.

Підписано до друку 29.01.09. Формат 30×42/2.

Ум. друк. арк. 10. Папір Ballet Universal.

Наклад 400 прим. Зам. № 20.

Віддруковано у Національному гірничому університеті.

46000, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

© НГУ, 2009

УДК 622.23.055

И.В. Хазипов

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИСКУССТВЕННОГО ОХРАННОГО СООРУЖЕНИЯ, ВОЗВОДИМОГО ИЗ ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ СОБОЙ ПОРОДУ, ЗАКЛЮЧЕННУЮ В ОБОЛОЧКУ

Наведена методика визначення параметрів штучної порідної споруди, що ґрунтується на результатах досліджень опорних елементів, з яких зводиться порідна стінка.

Приведена методика определения параметров искусственного породного сооружения, основанная на результатах испытаний опорных элементов, из которых возводится породная стенка.

The method of determination of parameters of artificial constructions, based on the results of tests of supporting elements.

В условиях рыночных отношений повышение конкурентной способности угля как основного энергетического сырья, добываемого в Украине, связано с уменьшением производственных затрат. Основную их часть составляют затраты на проведение и поддержание выемочных выработок. Существенно уменьшить объемы проведения выемочных выработок можно за счет применения систем разработки с их повторным использованием. При этом возникает необходимость решения вопросов, связанных с охраной выработок со стороны выработанного пространства. Опыт повторного использования выработок на шахтах "Краноармейская-Западная №1" показал, что экономический эффект составляет 4-5 млн. грн. на один выемочный участок [1]. Охрана повторно используемой выработки со стороны выработанного пространства предыдущей лавы осуществляется с помощью литой полосы, стоимость которой на 1 м выработки составляет 1200-1400 грн.

Однако для многих шахт, обрабатывающих пласты мощностью 0,7-1,2 м (при суточной нагрузке до 1000 т), этот способ охраны является экономически нецелесообразным. В таких условиях на шахтах применяются традиционные способы охраны – бутовая полоса, накатные костры, тумбы БЖБ. Стоимость таких охранных сооружений, хотя и ниже в 2-4 раза по сравнению с литой полосой, но является весьма значительной.

Все разработанные искусственные сооружения, кроме бутовой полосы, связаны с применением дорогостоящих материалов, а также необходимостью предварительного изготовления элементов конструкции.

Основным недостатком охранных сооружений "бутовая полоса" является высокая трудоемкость работ по ее возведению, а также большая усадка закладочного массива. На наш взгляд, потенциал породного охранных сооружений из породы исчерпан не полностью. В этом плане большой научный и практический интерес представляет дальнейшее развитие направления по созданию опорных конструкций с использованием минимального объема породы. Одним из таких технических решений является возве-

дение узких породных полос, сооружаемых из опорных элементов, представляющих собой породу, заключенную в оболочку [2].

Анализ ранее выполненных в ДонНТУ лабораторных испытаний охранных сооружений, возводимых из опорных элементов, представляющих породу, заключенную в оболочку, показал, что диаметр опорного элемента и прочность его оболочки не оказывают существенного влияния на нагрузочно-деформационную характеристику конструкции. При этом параметры опорного элемента (диаметр и длина) должны определяться исходя из условия максимально допустимого веса, который, согласно санитарным нормам, не должен превышать 40 кг [3].

Практический интерес представляет вопрос определения необходимой ширины охранных сооружений, возводимых из опорных элементов. Для его решения была проведена серия лабораторных испытаний опорных элементов, изготовленных в натуральную величину.

Лабораторные испытания проводились в лаборатории Донецкого физико-технического института им. А.А. Галкина на 250-тонном прессе (модель Д 0437) (рис. 1). Диаметр опорного элемента составлял 0,2 м, а его длина – 0,5 м. В качестве оболочки опорного элемента использовалась мешковина (ткань) из полипропилена, с прочностью на разрыв 5 кг/см и толщиной 0,02 мм. Фракционный состав породы опорного элемента составлял 20-50 мм.

Лабораторные испытания опорных элементов, изготовленных в натуральную величину, проводились в два тапа. На первом этапе испытанию подвергался один опорный элемент. На втором этапе испытывались три опорных элемента, уложенных в один ряд. При этом испытания повторялись 3 раза. В процессе нагружения фиксировались величина нагрузки и соответствующая ей высота опорного элемента.

Результаты испытаний приведены на рис. 2,а в виде графиков. Их анализ показывает, что при увеличении нагрузки на один опорный элемент до 150 кН его продольная деформация составила 22%. Дальнейшее увеличение нагрузки до 600 кН (в 4 раза) приводит к росту величины продольной деформации

до 27,5% (в 1,4 раза). При этом 80% деформаций опорного элемента реализуется на начальной стадии нагружения.



Рис. 1. Вид одного опорного элемента до начала испытания

Испытания 3-х опорных элементов, уложенных в один ряд, показали, что, как и в предыдущих испытаниях, основная часть деформаций реализуется на начальной стадии нагружения (рис. 2,б) Однако жесткость данной конструкции значительно выше, чем у нагружаемого одного опорного элемента. Так, 76% деформаций испытываемой породной конструкции происходят при величине нагрузки 450 кН. Дальнейшее увеличение нагрузки до 1800 кН (в 4 раза) вызвало рост деформации на 4%. Таким образом, общая величина продольной деформации породной конструкции на конечном этапе нагружения составила 17%. Увеличение жесткости породной конструкции, состоящей из 3-х опорных элементов, обусловлено созданием дополнительного бокового подпора деформирующимися соседними элементами.

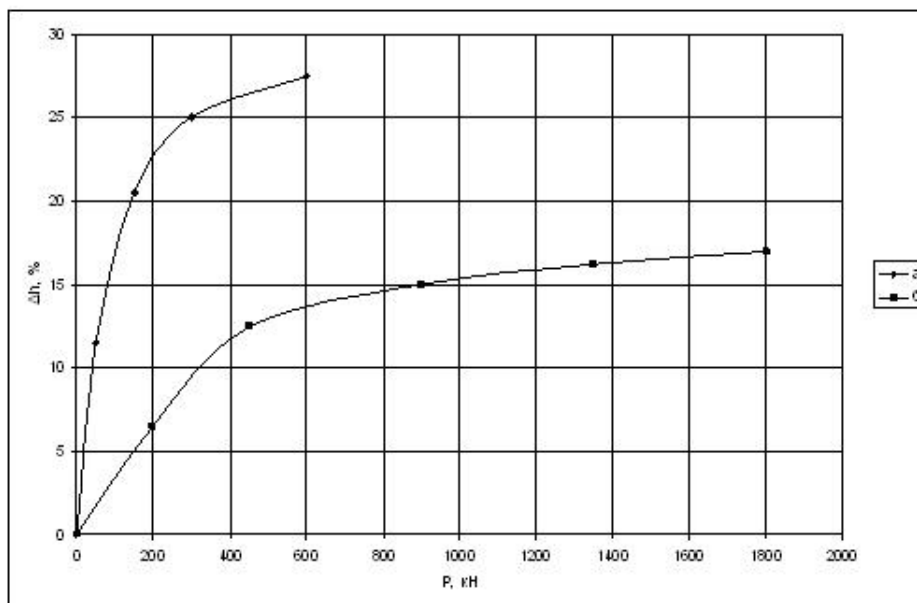


Рис. 2. Зависимость продольной деформации породных конструкций от величины нагрузки: а – один опорный элемент; б – три опорных элемента, выложенные в один ряд

В результате статистической обработки результатов испытаний породной конструкции, состоящей из опорных элементов, выложенных в один ряд, получена регрессионная зависимость между значением продольной деформации опорных элементов ( $\Delta h$ ) и величиной прикладываемой нагрузки ( $P$ ) в виде:

$$\Delta h = 19,21 \cdot e^{-\left(\frac{217,6}{P+1}\right)} \%, \quad (1)$$

где  $P$  – прилагаемая нагрузка, кН.

При этом корреляционное отношение  $\eta = 0,998$  при его погрешности  $\sigma_\eta = 0,00094$ .

Зависимость (1) после преобразований может быть использована для прогноза несущей способности рекомендуемого охранного сооружения в зависимости от требуемой величины податливости

$$P = - \left( 1 + \frac{21,76}{\ln \frac{\Delta h}{19,2}} \right) \cdot 33,3 \text{ кН/м}^2, \quad (2)$$

где  $\Delta h$  – задаваемая податливость конструкции, %.

Ширину опорной породной стенки, сооружаемой из опорных элементов, и их параметры (диаметр и

длину) рекомендуется определять в следующей последовательности:

1. Для обеспечения контакта породного охранного сооружения с кровлей пласта необходимо определить диаметр опорного элемента, исходя из условия обеспечения целого числа рядов их выкладки по мощности пласта

$$d_{o.э.} = \frac{m}{n_{ряд}} \text{ м,}$$

где  $m$  – мощность пласта, м;  $n$  – число рядов опорных элементов.

Учитывая то, что длина опорного элемента принимается равной 0,5-0,6 м, его диаметр рекомендуется принимать в пределах 0,15-0,25 м (из условия, что максимальный вес породного элемента не должен превышать 40 кг).

2. Ширина охранного породного сооружения определяется по аналогии с определением ширины литой полосы, но с учетом расчетной нагрузки на БЖБТ [4].

$$b = \frac{P}{P_{н.с}} \text{ м,}$$

где  $P$  – расчетная нагрузка на охранное сооружение, кН/м;  $P_{н.с}$  – несущая способность породного охранного сооружения, кН/м<sup>2</sup>.

Учитывая то обстоятельство, что расчетная нагрузка на охранное сооружение существенно зависит от его податливости, в работе рекомендуется ее значение определять методом интерполяции с учетом

величины податливости охранного породного сооружения.

Результаты проведенных лабораторных исследований показали, что охранное сооружение, возводимое из опорных элементов, представляющих собой породу, заключенную в оболочку, наряду с податливостью до 17%, обладает достаточно высокой грузонесущей способностью. Предложенная методика расчета необходимой ширины охранной породной полосы, возводимой из опорных элементов, была использована при составлении паспорта охраны конвейерного штрека 6-й южной лавы пл.  $m_5^{16}$  ОП “Шахта Добропольская”. Лава обрабатывалась по столбовой системе разработки с погашением выработки. Для поддержания сопряжения лавы со штреком паспортом выемочного участка предусматривалась выкладка двух рядов стенки из БЖБТ. Мощность пласта на экспериментальном участке составила 1,0 м. Непосредственная кровля пласта представлена малоустойчивым аргиллитом и неустойчивым алевролитом, мощность которых составляла 0,1-5,0 и 3,6-7,8 м соответственно. Непосредственная почва пласта представлена аргиллитом, склонным к пучению, мощностью до 4,5 м.

По рекомендациям ДонНТУ было проведено испытание искусственного породного сооружения, возводимого из опорных элементов. Опорный элемент представлял собой пропиленовый мешок диаметром 0,2 м, заполненный породой с фракцией 4-5 см. Длина опорного элемента 0,5 м. Засыпка опорных элементов производилась непосредственно в штреке. Паспорт крепления сопряжения лавы со штреком на экспериментальном участке приведен на рис. 3.

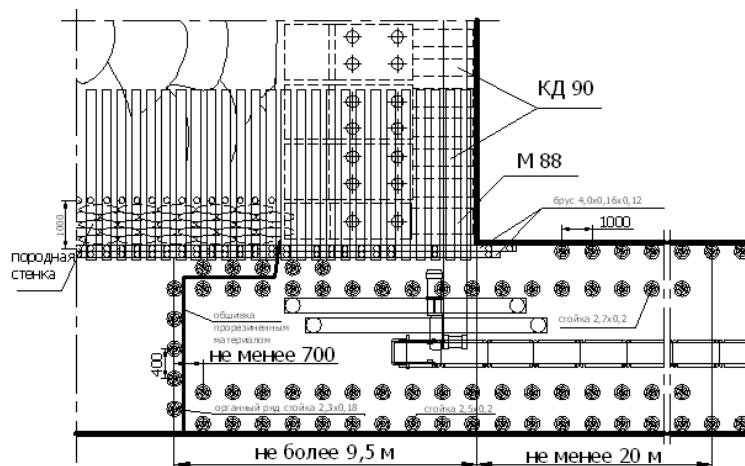


Рис. 3. Паспорт крепления сопряжения лава-штрек с охраной выработки породной стенкой

При сооружении породной стенки соблюдался следующий порядок выкладки опорных элементов. По почве, вдоль выработки, выкладывается первый ряд опорных элементов. Их укладка осуществляется с перехлестом между соседними опорными элементами как при кирпичной кладке. Элементы второго ряда укладывались в две полосы перпендикулярно

оси выработки. Элементы выкладывались таким образом, чтобы не перекрыть пустоту, образованную при выкладке первого ряда. Третий ряд выкладывался подобно первому. Четвертый и пятый ряды выкладывались по вышеописанному принципу. На рис. 4 приведен общий вид охранного сооружения после его возведения. Ширина выкладки составляла 1 м.

Протяженность экспериментального участка составляла 4 м.



Рис. 4. Общий вид охрannого сооружения

Выкладка породной стенки длиной 4 м была проведена двумя рабочими в течение 2-х часов. Усадка породной стенки в 15 м за лавой составила 30%. При этом обрушения пород в штреке и разрыва оболочки опорных элементов не наблюдалось.

Вид охрannого сооружения породной стенкой после возведения представлен на рис. 5.



Рис. 5. Вид породной стенки после сооружения

Состояние породной стенки и кровли штрека показано на рис. 6.

Результаты лабораторных и шахтных испытаний искусственного породного сооружения, возводимого из опорных элементов, показали, что данная конструкция обладает высокой грузонесущей способностью (6-8 МН/м<sup>2</sup>) и обеспечивает устойчивое состоя-

ние кровли выработки. Предложенная методика определения параметров породного охрannого сооружения, возводимого из опорных элементов, может быть использована при составлении паспорта охраны выработок.



Рис. 6. Вид породной стенки на расстоянии 15 м от лавы

### Список литературы

1. Зборщик М.П., Байсаров А.В. Охрана штреков литьми полосами при разработке пологих пластов средней мощности // Уголь Украины. – 2001. – № 9. – С. 3-6.
2. Лабораторные испытания охранных сооружений с использованием породных стоек / Касьян Н.Н., Ильин А.И., Иващенко В.Д., Хазипов И.В. // Геотехнологии и управление производством XXI. – Том 1. – 2006. – С. 93-97.
3. Ушаков К.З. Охрана труда. – М: Недра, 1986. – 624 с.
4. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. – Ленинград, 1986. – 221 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. А.М. Роєнком 19.12.08

УДК 622.272:624.191.5

С.А. Харин

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРЕПОСТИ ПОРОД НА СКОРОСТЬ ПРОХОДКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Досліджено вплив міцності порід на швидкість проходки гірничих виробок.

Исследовано влияние крепости пород на скорость проходки горных выработок.

Influence of fortress of breeds is investigational on speed of deepening of mountain generations.

Обеспечение заданных темпов строительства горных выработок является важной задачей организации работ. Связанным с этим вопросам уделялось значительное внимание в различных исследованиях, результаты кото-

рых опубликованы, в частности, в [1, 2]. Вместе с тем следует отметить, что на уровень скорости проходки горизонтальных горных выработок влияют многие факторы, значимость воздействия которых является различ-

ной. К числу факторов, влияние которых проявляется очень заметно, помимо ряда других, относится крепость горных пород, в которых ведется строительство выработки.

Направленность увеличения крепости пород на изменение скорости проходки вполне очевидна: при возрастании коэффициента крепости пород будет наблюдаться сокращение темпов проходки, но, поскольку формирование скорости ведения работ происходит под влиянием множества параметров, которые непосредственно зависят от крепости пород, представляет интерес анализ, в частности, следующих вопросов:

- насколько интенсивно влияет изменение крепости пород на скорость проходки выработки на различных участках рассматриваемого диапазона изменения коэффициента крепости пород;

- в какой мере изменение крепости пород влияет на параметры буровзрывных работ, в частности, на число шпуров, массу заряда ВВ, что, в свою очередь, оказывает воздействие на продолжительность бурения и заряжания шпуров;

- как проявляется воздействие крепости пород на производительность средств бурения, принимая во внимание

мание большой удельный вес затрат времени на бурение в структуре проходческого цикла.

Для исследования влияния крепости пород на темпы проходки горизонтальных выработок примем следующие условия. Проходка выработки, площадью поперечного сечения вчерне 16 м<sup>2</sup>, производится в обычных условиях буровзрывным способом. Бурение шпуров осуществляется буровой кареткой СБКН-2М, погрузка породы – погрузочной машиной ППП-3 в вагоны емкостью до 4 м<sup>3</sup> с откаткой их электровозами. Крепление выработки – комбинированное, предусматривающее сочетание набрызгбетона и анкеров.

В качестве условия организации работ принята необходимость завершения проходческого цикла за целое число смен. При этом во всех случаях используется одинаковое время цикла, безотносительно к уровню крепости пород. При такой ситуации (увеличении крепости пород) будет происходить уменьшение подвигания забоя за проходческий цикл и, следовательно, скорости проходки выработки.

Рассмотрим зависимость расчетных показателей удельного расхода ВВ и числа шпуров в забое выработки от коэффициента крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова (рис. 1) при прочих равных условиях.

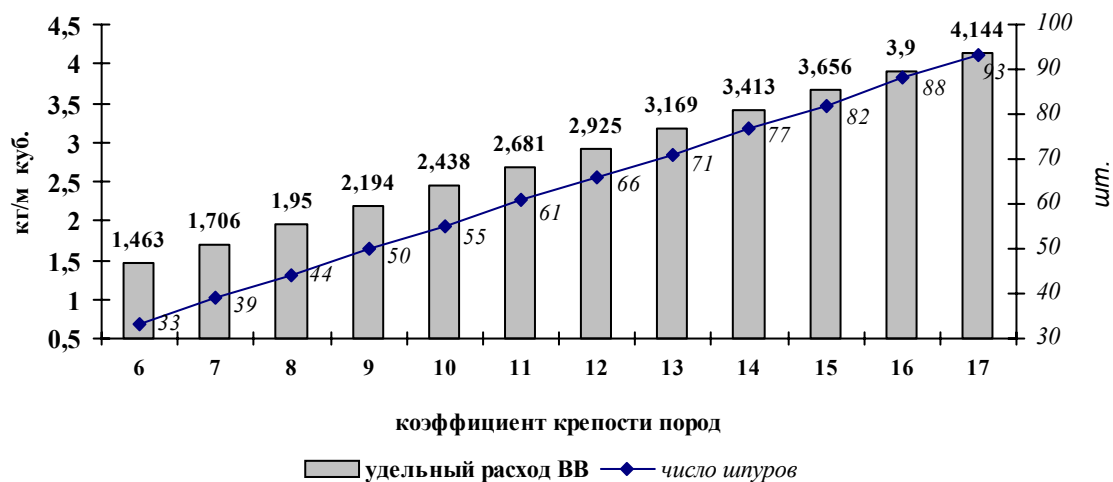


Рис. 1. Зависимость удельного расхода ВВ и числа шпуров в забое от коэффициента крепости пород

В рассматриваемом нами диапазоне коэффициентов крепости пород наиболее благоприятные условия для взрывания имеют место при крепости 6 по шкале проф. М.М. Протодьяконова (примем его за базовый уровень), при которых значения удельного расхода ВВ и числа шпуров в забое составляют соответственно 1,463 кг/м<sup>3</sup> и 33 шт.

Повышение коэффициента крепости пород на единицу приводит для рассматриваемых нами условий к увеличению числа шпуров на 5-6 единиц. При коэффициенте крепости пород 9 их число увеличивается в 1,5 раза, при коэффициенте крепости 12 – в 2 раза. При коэффициенте крепости пород 17 число шпуров в забое выработки возрастает по отношению к базовому уровню в 2,8 раза и достигает 93 шт. Сходная динамика наблюдается и в случае удельного расхода ВВ.

Отмеченные выше изменения показывают существенное влияние крепости пород на организацию проходческих работ в части предпосылок изменения затрат времени на бурение шпуров, безотносительно к применяемому оборудованию и их заряжанию.

Помимо влияния, оказываемого уровнем крепости пород на параметры БВР, его значение в решающей степени определяет производительность средств бурения. Не ставя здесь задачу сравнительной оценки влияния крепости пород на различные типы буровых машин, рассмотрим вместе с тем, основываясь на данных [3], зависимость от этого показателя часовой эксплуатационной производительности широко распространенной на отечественных шахтах буровой каретки СБКН-2М при неизменных прочих условиях (рис. 2). При коэффициенте крепости пород 6 экс-

платуационная производительность буровой машины будет составлять 20 м/ч (примем ее за базовую). При изменении коэффициента крепости пород до 9 производительность уменьшится до 16,92 м/ч (85% базовой). Переход к крепости 12 приведет к снижению эксплуатационной производительности машины до 12,84 м/ч (64%). При бурении шпуров в крепких и весьма крепких условиях происходит резкое снижение производительности машины, которая, например, при коэффициенте крепости пород 17 составит 9,6 м/ч (48%).

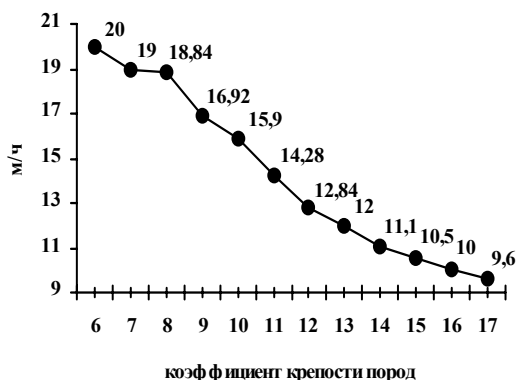


Рис. 2. Зависимость эксплуатационной производительности буровой каретки СБКН-2М от коэффициента крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова

Таким образом, при изменении коэффициента крепости пород в рассмотренном нами диапазоне эксплуатационная производительность буровой ка-

ретки СБКН-2М изменяется в 2 раза, что способно оказывать существенное воздействие на временные параметры проходческих работ, а с учетом совокупного влияния крепости пород и на число шпуров в забое, а также на расход ВВ, значимость этого фактора в организации работ следует оценивать как определяющую.

Рассмотрим влияние крепости пород на скорость проходки горизонтальной горной выработки для ранее оговоренных условий, приведя рассчитанные нами данные на рис. 3. С учетом зависимости скорости проходки от глубины шпуров в забое выработки здесь же укажем соответствующие значения этого показателя.

Наибольшая скорость проходки выработки наблюдается при минимальном значении коэффициента крепости пород, в рамках нами рассмотренного, и составляет 45,94 м/мес. (примем за 100%) при соответствующей глубине шпуров 2,61 м. Рост коэффициента крепости пород приводит к уменьшению скорости проходки выработки, например, при крепости 9 она составит 36,26 м/мес. (78,9%), при крепости 12 – 27,81 м/мес. (60,54%). При возрастании коэффициента крепости пород до 15 скорость проходки будет составлять уже менее половины базового уровня, а именно 21,3 м/мес. (46,36%), а при достижении значения крепости 17 сократится до 18,13 м/мес. (39,46%).

Таким образом, при изменении коэффициента крепости пород от 6 до 17 расчетная скорость проходки горной выработки, как интегральный показатель различных факторов, сократится в 2,5 раза, что позволяет считать крепость пород определяющим параметром при организации работ.

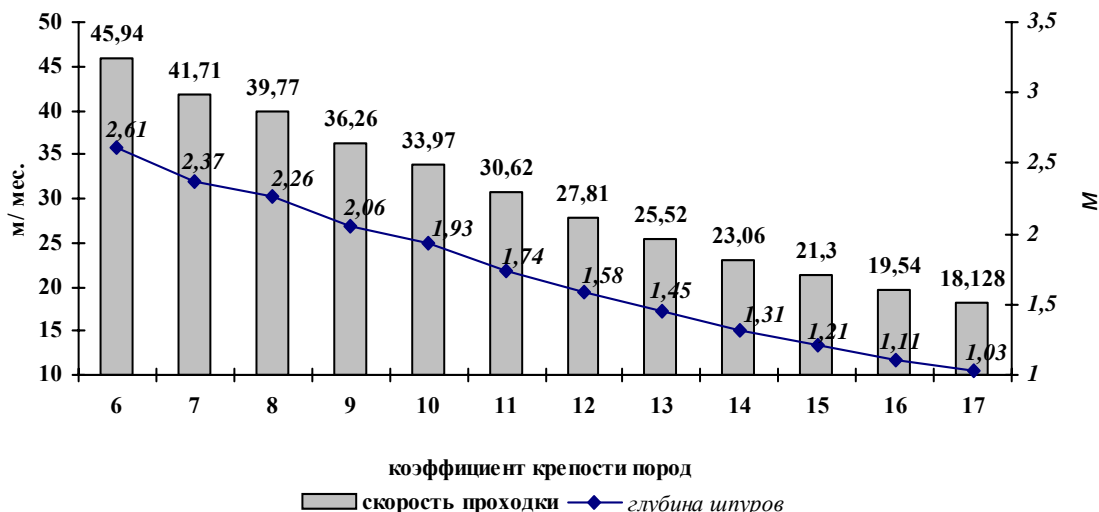


Рис. 3. Зависимость длины шпуров и скорости проходки выработки от коэффициента крепости пород

Изменение крепости пород существенным образом меняет структуру затрат времени проходческого цикла (рис. 4). Так, для принятых нами условий, при коэффициенте крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова 6, удельный вес времени бурения шпуров составляет всего 21% ввиду благо-

приятных условий для бурения, времени уборки породы 28%, крепления выработки 39%. Последние два вида затрат времени обусловлены значительным подвиганием забоя за цикл и, соответственно, большими объемами работ.



При возрастании коэффициента крепости пород до 17 картина очевидным образом меняется: при резко сократившемся подвигании забоя за цикл и в сильной степени осложнившихся условиях бурения шпуров, а также увеличившейся их численности удельный вес времени бурения достигает 48%, уборки породы снижается до 11%, крепления – до 20%.

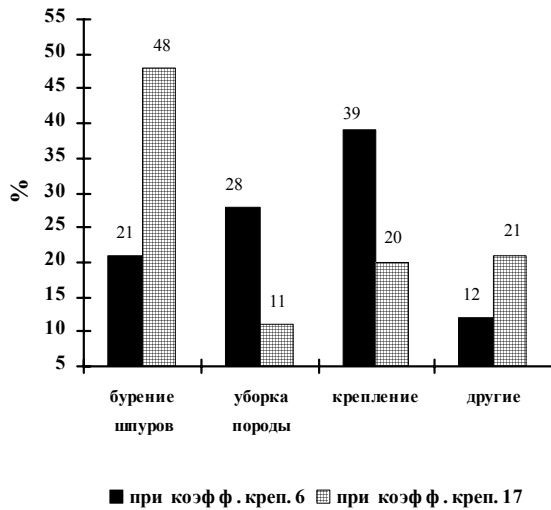


Рис. 4. Зависимость структуры затрат времени проходческого цикла от коэффициента крепости пород

Таким образом, исследование влияния крепости пород на скорость проходки горизонтальных выработок и формирующие ее факторы позволяет сделать, в частности, следующие выводы: коэффициент крепости пород оказывает выраженное воздействие на число шпуров в забое выработки, удельный расход ВВ, общую массу заряда, что способно влиять на темпы проходки выработки, он также во многом определяет эксплуатационную производительность средств бурения и, следовательно, скорость ведения работ, особенно в весьма крепких породах, где высока доля затрат времени проходческого цикла на бурение шпуров.

#### Список литературы

1. Покровский Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. – М.: Недра, 1977. – 400 с.
2. Смирняков В.В., Вихарев В.И., Очкуров В.И. Технология строительства горных предприятий. – М.: Недра, 1989. – 573 с.
3. Отраслевые нормы выработки и времени на горнокапитальные работы при строительстве шахт и рудников черной металлургии / В.П. Кистанов, А.А. Макеев и др. – Кривой Рог: НИГРИ, 1988. – 400 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Ю.П. Капленком 07.10.08

## **СВЕРДЛОВИННІ АМОРТИЗАТОРИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ БУРІННЯ ТВЕРДИХ ПОРІД**

Свердловинні амортизатори мають циліндричну пружину, яка зменшує амплітуду вертикальних та крутильних вібрацій. Використання амортизаторів збільшує ресурс бурового долота на 20...30% при одночасному збільшенні продуктивності буріння.

Скважинные амортизаторы имеют цилиндрическую пружину, снижающую амплитуду вертикальных и крутильных вибраций. Использование амортизаторов увеличивает ресурс бурового долота на 20...30% при одновременном увеличении производительности бурения.

The drill hole shock absorber includes a cylinder spring to reduce amplitude of vertical and torsion vibrations. The used shock absorber enhance the drill bit life time up to 20...30% together with increasing of productivity.

**Вступ.** При шарошковому бурінні свердловин в твердих гірських породах при ударах зубців шарошок об вибій свердловини генеруються вертикальні вібрації бурильних (обважнених) труб, що призводить до передчасного зношення опор шарошок та твердосплавних вставок. Вібрації також передаються на буровий верстат і призводять до поломок деталей обертача (ротора). З метою зниження амплітуди вібрацій і захисту бурового долота використовують свердловинні амортизатори, які розміщують між буровим долотом і бурильними трубами. За показниками виробничих організацій, використання амортизаторів забезпечує зріст техніко-економічних показників буріння: проходка на одне долото зростає на 28...35% при збільшенні механічної швидкості буріння на 26...32% [1-4].

Нижче викладено матеріали про конструкцію, методику розрахунку і технічні характеристики заглиблених свердловинних амортизаторів, створених ТОВ "Дніпропетровський завод бурового обладнання" для буріння підричних свердловин і глибоких свердловин на нафту і газ шарошковими буровими долотами.

Нафтогазова промисловість при бурінні глибоких свердловин використовує свердловинні амортизатори, що розміщуються між буровим долотом і обважненими бурильними трубами. Найбільш відомі конструкції з використанням як робочого пружного елемента сталевих циліндричних гвинтових пружин [1, 3-5]. Високі показники буріння отримали при використанні амортизаторів з гумовими пружними елементами, які зменшують амплітуду осьових і крутильних вібрацій [3, 6]. Недоліком гумових амортизаторів є низький ресурс через низьку міцність гумових вкладишів. Найбільш ефективними з точки зору гасіння осьових вібрацій є амортизатори, в яких зниження осьових вібрацій досягають за допомогою пневмогідролічного пристрою. Типовим представником такого амортизатора є інструмент фірми "Хьюз Тул Компані" під назвою "Софт-Шок" [5]. Цей амортизатор характеризується телескопічною конструкцією і пневмогідролічною дією. Передача осьового навантаження від обважнених бурових труб

до бурового долота відбувається за рахунок демпфуючих газової та наповненої маслом камер, які розділяються поршнем, що плаває між маслом та газом.

ТОВ "Дніпропетровський завод бурового обладнання" розробило ряд свердловинних амортизаторів для різноманітних умов буріння свердловин. Для умов буріння неглибоких вибухових свердловин розроблено нормальний ряд амортизаторів, що призначено для зниження осьових вібрацій, які виникають при шарошковому бурінні свердловин в гірських породах високої твердості. Осьове навантаження на бурове долото складає 200...300 кН і амплітуда вібрацій становить десятки кН, що призводить до критичних навантажень на шарошкове долото, які перевищують допустимі, і кульова опора долота інтенсивно зношується.

**Опис конструкції.** Амортизатор для підричних свердловин [7] складається з наступних деталей (рис. 1,а): вала 1 з різьбою в верхній частині і шліцьового з'єднання в нижній частині, через яке він сполучується з шліцьовою втулкою 2. На валу розміщено трубчасту циліндричну пружину 3 високої жорсткості. Пружина має поперечні прорізи 4 і 5, що чергуються між собою. Висока жорсткість пружини досягається за рахунок високолегованої пружинної сталі та гартування її до високої твердості. До шліцьового валу болтами 8 приєднано поршень 6, на якому розміщено ущільнювальні манжети 7, що ізолюють внутрішню порожнину і канал у валу від зовнішнього простору. В нижній частині шліцьової втулки є різьба 9 для сполучення амортизатора з буровим долотом.

Робота амортизатора здійснюється наступним чином. При створенні осьового навантаження на бурове долото за допомогою гідролічних циліндрів бурового верстату пружина 3 стискається на величину, що дорівнює її деформації при заданому зусиллі. При цьому висота прорізів 4 і 5 зменшується пропорційно до градієнта навантаження пружини. Поршень 6 переміщується вниз. При змінненні осьового навантаження на долото, яке спричиняється вібраціями за рахунок ударів твердосплавних вставок об вибій све-

рдловини, зазори в прорізах змінюються, а ударні зусилля після амортизації замість релаксаційних стають гармонійними і в такому вигляді передаються на різьбові з'єднання бурового постава.

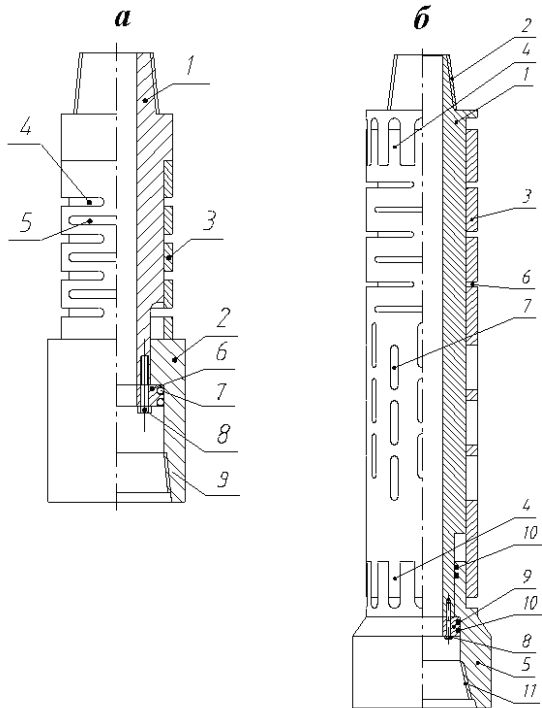


Рис. 1. Свердловинні амортизатори: а – для демпфування осьових вібрацій; 1 – вал; 2 – шлицьова втулка; 3 – пружина; 4 і 5 – прорізи; 6 – поршень; 7 – ущільнювальні манжети; 8 – болти; 9 – різьба замкова; б – комбінований, для демпфування осьових і обертальних вібрацій; 1 – вал; 2 – різьба; 3 – трубчатая пружина; 4 – виступи на торцях пружини; 5 – пази в перехідниках; 6 – поперечні прорізи; 7 – поздовжні прорізи; 8 – болти; 9 – поршень; 10 – ущільнювальні манжети; 11 – різьба замкова

Свердловинний амортизатор виконано для двох типорозмірів: діаметр корпусу 200 мм для бурового постава діаметром 203 мм до бурового верстата типу СБШ-250 і діаметр корпусу 180 мм для бурового верстату типу СБШ-200 (табл. 1).

Під час буріння глибоких свердловин на нафту і газ, крім осьових вібрацій, виникають крутильні (торсійні) вібрації, що викликаються великим за значенням обертальним моментом при бурінні свердловин за рахунок тертя бурильних труб об стінки свердловини. Спільна дія осьових і крутильних вібрацій призводить до збільшення напружень в сполученнях бурильних труб, що призводить до збільшення зношення різьби і навіть до аварій. Для захисту бурового снаряду розроблено конструкцію комбінованого амортизатора, що захищає буровий снаряд одночасно від осьових і крутильних вібрацій.

Комбінований амортизатор (рис. 1,б) складається з наступних деталей [8]. Вал 1 з різьбою 2 для сполучення з бурильними трубами. На валу розміщено трубчатую пружину 3, що має виступи 4 на верхньому

і нижньому кінцях, які входять у відповідні пази на валу й перехіднику 5. На пружині виконано поперечні 6 і поздовжні 7 прорізи. До нижнього кінця валу 1 болтами 8 приєднано поршень 9, на якому встановлено ущільнювальні манжети 10. Сполучення нижньої частини валу 1 з перехідником виконано з можливістю осьового і обертального переміщення одного відносно іншого.

Таблиця 1

Технічна характеристика свердловинних амортизаторів

Тип бурового верстата	СБШ-200	СБШ-250
Тип амортизатора	АС-180-250	АС-200-320
Діаметр буріння, мм	200-250	250-320
Діаметр корпусу, мм	180	200
Навантаження на долото, кН	250	320
Максимальний обертальний момент, кН·м	5,5	6,5
Максимальна деформація пружини, мм	20	25
Довжина, мм	1200	1280
Маса, кг, не більше	250	160

Для глибокого буріння розроблено комбіновані амортизатори з характеристиками, близькими до умов буріння, які залежать від діаметра свердловини, навантаження на долото і обертального моменту (табл. 2).

Таблиця 2

Технічна характеристика комбінованих амортизаторів

Тип амортизатора	АМК-160	АМК-219	АМК-273
Діаметр буріння, мм	170-215	245-270	295-320
Максимальне осьове навантаження, кН	250	320	400
Максимальний обертальний момент, кН·м	3,0	3,5	4,0
Максимальна деформація пружини, мм	30	30	4,0
Максимальний кут закручування пружини, град	15	15	15
Довжина, мм	1200	1500	1800
Маса, кг, не більше	180	210	270

Робота комбінованого амортизатора складається з демпфування осьових вібрацій за рахунок горизонтальних (поперечних) прорізів у тілі пружини у такий самий спосіб, як і для звичайного аморти-

затора (рис. 1,а). Крутильні вібрації демпфуються вертикальними прорізами в пружині, при цьому пружність крутильної частини пружини амортизатора досягається за рахунок закручування вертикальних полосатих елементів. Міцність цієї частини пружини забезпечується тим, що прорізи чергуються за розташуванням, і при зменшенні обертового моменту пружина повертається в первісне положення.

**Методика розрахунку амортизаторів.** Вибір конструктивних розмірів амортизаторів проводиться шляхом розрахунків параметрів пружини, які відповідають за осьові і крутильні вібрації та забезпечують потрібні величини навантаження і деформації. Для випадку осьових вібрацій необхідно задати максимальне навантаження на пружину та її лінійну жорсткість у вертикальному напрямку, а у випадку крутильних вібрацій – відповідно максимальний крутильний момент та кутову жорсткість. Розглянемо найбільш складний випадок – одночасну дію осьових та крутильних вібрацій, тобто комбіновані амортизатори, тоді як навантаження лише в осьовому напрямку буде окремим випадком загальної схеми.

Комбінований амортизатор (див. рис. 1,а) складається з двох основних ділянок: із поперечними та з поздовжніми прорізами. Кожна ділянка має свої значення осьової та кутової жорсткостей, кожне з яких впливає на сумарні характеристики амортизатора.

Осьова жорсткість циліндричної прорізної пружини із поперечними прорізами обумовлена деформаціями вигину її півкілець. Цю величину можна визначити як жорсткість ресори з прямокутним поперечним перерізом [9] з урахуванням кількості та розташування вказаних півкілець:

$$C_{ос.пер.} = \frac{32 \cdot b \cdot h^3 \cdot E}{(i-1) \cdot l^3}, \quad (1)$$

де  $b$  – поперечна товщина циліндричної пружини (рис. 2);  $h$  – висота кільця пружини;  $E$  – поздовжній модуль пружності матеріалу пружини;  $i$  – кількість поперечних прорізів по висоті;  $l$  – активна довжина середньої лінії півкілець, яка розраховується за формулою:

$$l = \frac{\pi \cdot D}{2} - l_1,$$

де  $l_1$  – довжина ділянки сполучення між верхнім та нижнім кільцями (по довжині кола є дві ділянки);  $D$  – середній діаметр амортизатора.

Крутильна жорсткість циліндричної прорізної пружини із поперечними прорізами обумовлена деформаціями крутіння тонкостінних ділянок сполучення між сусідніми по висоті кільцями і встановлюється з урахуванням рекомендацій [10] із виразу:

$$C_{кут.пер.} = \frac{W_k \cdot D \cdot G}{2 \cdot i \cdot h}, \quad (2)$$

де  $G$  – модуль зсуву матеріалу пружини;  $W_k$  – момент опору щодо крутіння, який визначається за формулою:

$$W_k = \frac{2 \cdot l_1 \cdot b^2}{3}.$$

Осьова жорсткість циліндричної прорізної пружини із поздовжніми прорізами обумовлена деформаціями стиснення тонкостінних проміжків металу між прорізами і розраховується так:

$$C_{ос.позд.} = \frac{j \cdot l_2 \cdot b \cdot E}{H}, \quad (3)$$

де  $j$  – кількість поздовжніх прорізів по колу амортизатора;  $l_2$  – середня відстань між прорізами (рис. 2).

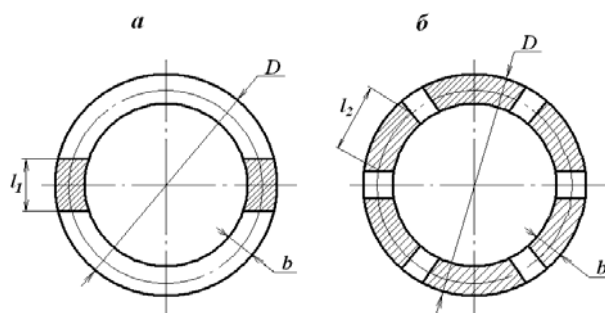


Рис. 2. Схема до розрахунку жорсткості амортизаторів: а – поперечний перетин ділянки з поперечними прорізами; б – поперечний перетин ділянки з поздовжніми прорізами

Осьова жорсткість циліндричної прорізної пружини із поздовжніми прорізами, обумовлена деформаціями крутіння тонкостінних проміжків металу між прорізами, після перетворень буде визначатися за формулою, отриманою аналогічно виразу (2):

$$C_{кут.позд.} = \frac{l_2 \cdot b^2 \cdot D \cdot G}{6 \cdot h}. \quad (4)$$

Будь-який з розглянутих амортизаторів, окрім прорізних частин, містить по висоті також ділянки у вигляді нерозривних кілець, сумарну висоту яких між місцями кріплення амортизатора позначимо через  $H$ . Тоді вирази для осьової та крутильної жорсткостей цих ділянок будуть мати відповідно такий вигляд:

$$C_{ос.кіл.} = \frac{\pi \cdot D \cdot b \cdot E}{H}, \quad (5)$$

$$C_{кут.кіл.} = \frac{\pi \cdot D^3 \cdot b \cdot G}{2 \cdot H}. \quad (6)$$

Сумарні осьова та крутильна жорсткості комбінованого амортизатора будуть визначатися за

$$C_{oc} = \frac{C_{oc.пoпep.} \cdot C_{oc.пoзд.} \cdot C_{oc.кiл.}}{C_{oc.пoпep.} \cdot C_{oc.пoзд.} + C_{oc.пoпep.} \cdot C_{oc.кiл.} + C_{oc.пoзд.} \cdot C_{oc.кiл.}}; \quad (7)$$

$$C_{кут} = \frac{C_{кут.пoпep.} \cdot C_{кут.пoзд.} \cdot C_{кут.кiл.}}{C_{кут.пoпep.} \cdot C_{кут.пoзд.} + C_{кут.пoпep.} \cdot C_{кут.кiл.} + C_{кут.пoзд.} \cdot C_{кут.кiл.}}. \quad (8)$$

Ці величини встановлюють безпосередній зв'язок між навантаженнями та деформаціями амортизатора, а саме:

$$C_{oc} = \frac{P}{\Delta}, \quad (9)$$

$$C_{кут} = \frac{M_k}{\varphi}, \quad (10)$$

де  $P$  і  $M_k$  – відповідно максимальне осьове навантаження і крутильний момент, що діють на амортизатор;  $\Delta$  і  $\varphi$  – відповідно максимальні осьова деформація і кут закручування амортизатора.

Отже, рівняння (1)-(10) встановлюють аналітичний зв'язок між геометричними параметрами комбінованого амортизатора (узагальнений випадок) та його пружними характеристиками, що дозволяє проводити подальші розрахунки на міцність у небезпечних поперечних перерізах на основі стандартних методик.

### Висновки

За досвідом експлуатації наддолотних амортизаторів при бурінні глибоких свердловин на нафту і газ впливає, що проходка на долото зростає при одночасному збільшенні середньої механічної швидкості буріння.

Використання свердловинних амортизаторів при бурінні вибухових свердловин дасть змогу, окрім поліпшення техніко-економічних показників буріння, знизити шкідливий вплив вібрацій на буровий верстат шарошкового буріння.

Розроблено нові конструкції свердловинних амортизаторів, які дозволяють захистити буровий снаряд і бурову установку від шкідливого впливу осьових і крутильних вібрацій.

Розроблено методику розрахунків технічних характеристик амортизаторів на основі їх геометричних параметрів.

Для буріння вибухових свердловин шарошковими буровими долотами рекомендовано використовувати амортизатори з демпфуванням осьового навантаження за рахунок поперечних прорізів. Для буріння глибоких свердловин необхідно використовувати свердловинні амортизатори, які мають також поздовжні прорізи, що дає змогу знизити інтенсивність крутильних вібрацій.

формулами, характерними для послідовного з'єднання пружних елементів, відповідно

### Список літератури

1. Саврей С.Я. Результаты промышленных испытаний амортизатора АЗЭ-190,5-4-146 // Бурение. – 1982. – № 4. – С. 25-26.
2. Тимофеев Н.С., Ворожбитов М.И., Дранкер Т.И. Особенности работы турбобуров в компоновке с амортизатором // Бурение. – 1971. – № 10. – С. 12-13.
3. Бурение скважин с использованием наддолотных многоступенчатых виброгасителей / Габдрахимов М.С., Галеев А.С., Султанов Б.З., Лягов А.В. и др. // Нефтяное хозяйство. – 1990. – № 4. – С. 24-25.
4. Александров Е.В., Кирия Т.А., Хмудашвили П.И. Компенсатор вибраций бурильного инструмента // Нефтяное хозяйство. – 1965. – № 5. – С. 12-13.
5. Маслеников И.К., Матвеев Г.И. Инструмент для бурения скважин. – М.: Недра, 1981. – 335 с.
6. Каталог геологоразведочного оборудования, разработанного геологическими организациями РСФСР. Ч. 1. – М.: ВИЭМС, 1968. – 1988. – 167 с.
7. Патент Украины №18404 Свердловинний амортизатор / Островський І.Р., Лісниченко В.А., Сірик В.Ф., Луцик О.С., Безсонов І.Ю., Ярош Д.І. // Бюл. №11, 2006.
8. Патент України №18799 Свердловинний амортизатор / Островський І.Р., Лісниченко В.А., Симоненко С.Г., Сірик В.Ф., Луцик О.С., Безсонов І.Ю., Ярош Д.І. // Бюл. № 11, 2006.
9. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Под ред. Э.Э. Лавендела. – М.: Машиностроение, 1981. Т. 4. – 509 с.
10. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. – М.: Машиностроение, 1979. – Т. 1. – 728 с.
11. Детали машин. Расчет и конструирование: Справочник / Под ред. Н.С. Ачеркана. – М.: Машиностроение, 1968. – Т. 2. – 408 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Франчуком 10.11.08

УДК 622.24

Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, В.В. Соболев

**НАЛИВНЫЕ ЭМУЛЬСИОННЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА.  
5. ЭВВ “ЕРА” – ПРОДУКЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «НПО  
“ПАВЛОГРАДСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД”»**

Наведено основні характеристики наливних емульсійних вибухових речовин “ЕРА”, які за ступенем небезпеки відносяться до I та II класу за умовами застосування.

Приведены основные характеристики наливных эмульсионных взрывчатых веществ “ЕРА”, которые по степени опасности относятся к I и II классу по условиям применения.

Basic characteristics of the pouring emulsion explosives “ЕРА”, which belong to I and II class of danger rate on application conditions, are given.

Эмульсионные ВВ имеют широкий интервал энергетических параметров 3350-5000 кДж/кг и значений плотности 800-1250 кг/м<sup>3</sup> в соответствии с конкретными физико-техническими условиями применения. Водосодержащая флегматизирующая структура ЭВВ позволяет использовать эмульсионную основу для разработки смесей с различными энергетическими добавками, в частности, с компонентами и веществами, получаемыми при гидромеханическом извлечении и переработке ТРТ из ракетных двигателей [1, 2], а также взрывчатыми веществами, извлеченными из боеприпасов [3]. Общим недостатком таких ЭВВ, как поремиты, украиниты, пауэргель (анемикс) и другие является высокое значение массовой доли воды (более 15%), что снижает энергетические параметры ЭВВ.

**Цель исследований** – разработка эмульсионных ВВ с содержанием массовой доли воды не более 12% и продуктов переработки твердого ракетного топлива для механизированного заряжания скважин.

На основании результатов экспериментальных и теоретических исследований [1, 2, 4] Павлоградским химическим заводом разработаны и выпускаются наливные ЭВВ марки “ЕРА” различные по рецептуре, условиям применения и назначению. ЭВВ марки “ЕРА” предназначены для ведения взрывных работ на дневной поверхности и в подземных условиях шахт и рудников не опасных по газу и пыли. ЭВВ марки “ЕРА” представляют гетерогенную систему, состоящую из эмульсионной матрицы, наполненной аммиачной селитрой и при необходимости энергетическими и технологическими добавками. Эмульсионная матрица является основой ЭВВ марки “ЕРА” и классической обратной эмульсией, полученной путем диспергирования растворов аммиачной селитры или аммиачной селитры в смеси с кальциевой (натриевой) селитрой в горючей фазе. Горючая фаза представляет собой смесь углеводорода и эмульгатора. Состав эмульсии представлен в табл. 1.

ЭВВ марки “ЕРА” изготовлены (рис. 1) в виде наливных систем для заряжания скважин из смесительно-зарядных машин (СЗМ), а также для патронированного заряжания шпуров и скважин. Структура

эмульсионной матрицы “ЕРА” позволяет формировать также смеси с гранулированными ВВ типа ANFO и получать “тяжелые” ANFO. Соотношение эмульсии и гранулированного ВВ может составлять от 100/0 до 25/75.

Таблица 1  
Эмульсия для наливных ЭВВ

Наименование компонентов и основных показателей	Содержание компонентов (%) и характеристики основных показателей					
	1	2	3	4	5	6
Окислительная фаза, в том числе:	92	92	92	92	92	92
- аммиачная селитра	40	45	45	45	47	47
- вода	17	17	14	12	12	10
Горючая фаза	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Кислородный баланс, %	-1,69	-3,13	-1,66	-0,69	-1,26	-0,29
Теплота взрыва, кДж/кг	3151	3010	3320	3526	3467	3678

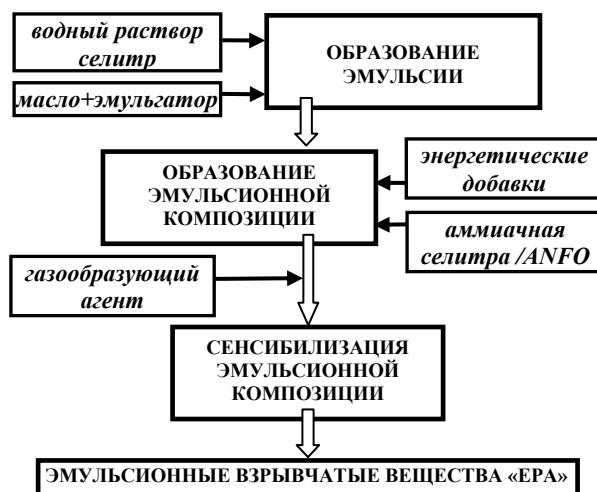


Рис. 1. Схема изготовления ЭВВ марки “ЕРА”

В классификации промышленных ВВ по условиям применения наливные эмульсионные ВВ “ЕРА” (“ЕРА-А”, “ЕРА-АГ”, “ЕРА-АМ”, “ЕРА-Г”, “ЕРА-ІМ”, “ЕРА-ІІ”) относятся к ВВ I класса (табл. 2). Они применяются для зарядки скважин на дневной по-

верхности с использованием СЗМ, типа SMS и UMS (рис. 2), изготовленных фирмой “WESTSPRENG” при участии специалистов ГП «НПО “ПХЗ”».



Рис. 2. Смесительно-зарядная машина UMS

Такие ВВ могут изготавливаться как непосредственно из исходных компонентов, которыми могут быть растворы селитры, горючая фаза, так и с использованием готовых эмульсионных матриц. По своим эксплуатационным и экологическим характеристикам, а также по параметрам безопасности ЭВВ I класса превосходят ВВ, содержащие тротил. Наливные ЭВВ “ЕРА” изготавливаются на местах при-

менения в СЗМ при температуре окружающего воздуха от +50°С до –40°С с последующим заряданием полученной смеси в скважины любой степени обводненности. Через 20-30 минут эмульсионная смесь в скважине приобретает взрывчатые свойства.

Взрывчатые вещества II класса применения – “ЕРА-Р” (табл. 2) предназначены для использования в шахтах и рудниках не опасных по газу и пыли. Зарядание шпуров и скважин может осуществляться не только патронами (диаметром от 25 до 90 мм), но и с помощью СЗМ типа РР-Т, разработки компании “WESTSPRENG”. Эмульсионные ВВ “ЕРА-Р” взрывают с помощью КД или ДШ.

По своим эксплуатационным характеристикам и безопасности патронированные ЭВВ марки “ЕРА” выгодно отличаются от аммонита №6 ЖВ. Так, для ЭВВ марки “ЕРА-Р” характерны следующие параметры: безопасность в обращении, отсутствие пыления и накопления статического электричества, низкая чувствительность к механическим воздействиям, низкое содержание ядовитых газов в продуктах взрыва, отсутствие канцерогенных компонентов, таких как тротил и нитроэфир, возможность управления взрывчатыми и физико-химическими характеристиками в процессе подготовки смеси компонентов к заряданию в скважины.

Таблица 2

Основные характеристики наливных ЭВВ “ЕРА” производства ГП «НПО “Павлоградский химический завод”»

Наименование показателя	Анемикс (для сравнения)	Украинит (для сравнения)	Норма для эмульсионных ВВ “ЕРА”						
			ЕРА-А	ЕРА-А1	ЕРА-АМ	ЕРА-І	ЕРА-ІМ	ЕРА-ІІ	ЕРА-Р
Скорость детонации, м/с	4700-5200	4350	4400-5500			4800-5500			4800-5200
Теплота взрыва, кДж/кг	3100-3250	3100	3500-5500			4200-4500			3500-4200
Плотность ВВ, кг/м <sup>3</sup>	1200-1400	1250-1330	900-1200			900-1200			1050-1150
Массовая доля воды, %	15-17	15-17	10-12	8-10		10-13			8-10
Объем газов взрыва, л/кг ЭВВ	1009	721-750	870-910			810-880			890-940
Объем токсичных газов, л/кг ЭВВ	66	21,4	7-21			11-21			8-20
Объем токсичных газов, л/м <sup>3</sup> горн. массы	75,2	24,8	6,6-21			9,5-19			7-19
Кислородный баланс, %	от –1,5 до +1,5	от –2,0 до +0,5	от –1,5 до –0,5			от –1,5 до –0,5			от –1,0 до –0,5
Критический диаметр детонации, мм:									
– открытого заряда	76-86	90-100	> 70			> 75			22
– в стальной оболочке (при t = 0°С-25°С)	–	–	35-45			35-45			–
Удельный расход, кг/м <sup>3</sup>	1,1-1,2	1,13-1,2	0,8-1,0			0,95-1,04			0,8-1,0
Водостойкость в воде, сут	1-3	1-3	5-7			5-7			> 10
Класс опасности вещества по токсичности	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Класс по применению	I	I	I	I	I	I	I	I	II
Подкласс по степени опасности	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,1
Группа совместимости	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д
Серийный номер ООН	0332	0332	0332	0332	0332	0332	0332	0332	0248
Температурный интервал эксплуатации СЗМ, °С	от –10 до +40	от –10 до +40	от –40 до +50	от –40 до +50	от –40 до +50	от –40 до +50	от –40 до +50	от –40 до +50	–

Эмульсионные взрывчатые вещества, содержащие продукты переработки ТРТ либо ВМ на основе гексогена, используются как в патронированном виде,

так и при механизированном зарядании в скважины с использованием СЗМ. Параметры безопасности при изготовлении и применении ЭВВ “ЕРА” не ухудша-

ются в сравнении с такими же показателями ЭВВ “ЕРА”, которые не содержат ТРТ и гексоген, и лучше по сравнению с традиционными ВВ, содержащими тротил. В эмульсионной среде добавка продуктов переработки ТРТ или гексогена в количестве до 10% выполняет функцию только энергетической добавки, которая не ухудшает эксплуатационные характеристики ЭВВ и параметры образования токсичных продуктов в газах взрыва. Экспериментально установлено, что количество образующихся вредных газов остается практически неизменным.

С использованием эмульсионной основы разработаны ЭВВ с добавками измельченных пироксилиновых порохов в количестве 8-10%. Для таких ВВ показатели по безопасности при их изготовлении и применении являются не хуже аналогичных показателей ЭВВ “ЕРА”, которые не содержат пороха.

Разработанные Научно-исследовательским институтом высокоэнергетических материалов ГП «НПО “ПХЗ”» наливные эмульсионные взрывчатые вещества марки “ЕРА” соответствуют требованиям нормативно-правовых актов по охране труда и обеспечивают безопасное ведение технологического процесса изготовления взрывчатых веществ с использованием смесительно-зарядных машин [5].

Испытания эмульсионных ВВ “ЕРА” проводились одновременно на двенадцати нерудных карьерах Полтавской, Кировоградской, Запорожской, Николаевской, Винницкой, Ровенской и других областей. Для проведения производственных испытаний эмульсионных взрывчатых веществ марки “ЕРА” была создана технологическая цепочка изготовления полуфабрикатов, зарядка и подготовка смесительно-зарядных машин, обеспечивающая проведение взрывных работ на расстояниях свыше 500 км.

Весь цикл проведения взрывных работ с использованием смесительно-зарядных машин включает в себя несколько технологических процессов на предприятии и на местах ведения взрывных работ. Изготовление и загрузка смесительно-зарядных машин производилась на участке приготовления невзрывчатых полуфабрикатов эмульсионных взрывчатых веществ, таких как горючая и окислительная фазы, расположенном на территории государственного предприятия «НПО “ПХЗ”». Каждый компонент загружался в специально предназначенный для него бункер СЗМ и транспортировался к местам проведения взрывных работ.

По степени воздействия на организм человека эмульсионные взрывчатые вещества “ЕРА” относятся к веществам III класса опасности.

Энергетический потенциал твердого ракетного топлива и продуктов его переработки, извлеченных из двигателей ракет, использован при разработке рецептур и производстве промышленных ЭВВ. Характеристики, полученные при испытаниях различных типов ЭВВ марки “ЕРА” на карьерах и рудниках Украины, подтверждают высокую их работоспособность и эффективность при производстве взрывных работ.

**Выводы.** Энергия взрыва эмульсионных взрывчатых веществ “ЕРА” позволяет эффективно разрушать породы крепостью более 18 по шкале проф. М.М. Протодяконова; среднее значение выхода негабарита при взрывной отбойке горной массы не превышает 1%, при этом кондиция взорванной массы увеличивается на 20-25%.

Эмульсионные ВВ “ЕРА” проявляют в равной мере стабильность служебных характеристик как при взрывании в сухих, так и в обводненных (до 100%) скважинах. Продукты взрыва ЭВВ “ЕРА” имеют цвет от серого до светло-серого (рис. 3), что свидетельствует о преимущественной концентрации паров воды.



Рис. 3. Газопылевое облако, образовавшееся в результате взрыва ЭВВ марки “ЕРА”

Энергетические добавки в количестве не более 10% практически не ухудшают эксплуатационные характеристики ЭВВ и параметры образования токсичных продуктов в газах взрыва.

Высокая степень промышленной и экологической безопасности ЭВВ “ЕРА”, содержащих до 10% порохов, гексогена, ТРТ или продуктов его переработки, не ухудшается по сравнению с такими же показателями ЭВВ “ЕРА”, в состав которых не входят гексоген, порох и другие высокоэнергетические добавки, и лучше в сравнении с ВВ, содержащими тротил.

Положительные технические результаты промышленных испытаний ЭВВ “ЕРА” и экономическая эффективность стали основанием для получения разрешения на постоянное применение таких ЭВВ в различных горно-геологических условиях карьеров, рудников и шахт.

### Список литературы

1. Шиман Л.Н., Устименко Е.Б., Соболев В.В. Наливные эмульсионные взрывчатые вещества. 1. Специальные добавки высокоэнергетических компонентов в рецептуру ЭВВ // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 9. – С. 51-55.
2. Шиман Л.Н., Соболев В.В. Наливные эмульсионные взрывчатые вещества. 2. Добавки в рецептуру ЭВВ продуктов глубокой переработки твердого ракетного топлива // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 10. – С. 43-45.



3. Шиман Л.Н., Устименко Е.Б., Дудко В.С. Процесс утилизации боеприпасов как составная часть производства промышленных ВВ // Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов: Междунар. конф., 26-28 ноября 1998. – Красноармейск: КНИИМ, 1998. – С. 38-40.
4. Шиман Л.Н., Соболев В.В. Наливные эмульсионные взрывчатые вещества. 3. Добавки в рецептуру ЭВВ твердого ракетного топлива и полимерных мат-

риц наполнителя 1-3 ступеней ракет // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 11. – С. 40-44.

5. Шиман Л.Н. Новые эмульсионные взрывчатые вещества марки “ЭРА” и средства их изготовления на местах проведения взрывных работ // Scientific Journal of the Technical University of Varna: Special number. – 2008. – V.1. – P. 610-614.

Рекомендовано до публікації д.т.н. О.М. Шашенком 25.11.08

УДК 622.257.1

А.Э. Кипко

## О ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЯХ ПРИ ДВИЖЕНИИ ТАМПОНАЖНОГО РАСТВОРА В ТРЕЩИНЕ

Виконано аналітичні й експериментальні дослідження режиму плинну і гідравлічних утрат під час руху в'язкопластичного розчину в тріщині.

Выполнены аналитические и экспериментальные исследования режима течения и гидравлических потерь при движении вязкопластичного раствора в трещине.

In this article are described executed analytical and experimental researches of a mode of a flow and hydraulic losses at movement of viscous-plastic solution in a crack.

Режим течения вязкопластичной жидкости определяется параметрами течения и, естественно, зависит от гидравлических сопротивлений и суммарных потерь напора по длине потока.

При движении вязкопластичной жидкости в трещине в общем случае коэффициент гидравлических сопротивлений  $f$  определяется как

$$f = f_{zl} + \zeta_m + \zeta_T + \zeta_k + \zeta_l, \quad (1)$$

где  $f_{zl}$  – сопротивление в гладкой трещине;  $\zeta_m$  – сопротивление шероховатости стенок трещин;  $\zeta_T$  – сопротивление типа шероховатости;  $\zeta_k$  – сопротивление клиновидности трещины;  $\zeta_l$  – сопротивление извилистости трещины.

Теоретическое определение гидравлических сопротивлений возможно только при ламинарном, а для вязкопластичных жидкостей – структурном режимах течения.

Как известно, режим течения определяется безразмерным критическим параметром Рейнольдса. В трубной гидравлике для характеристики потока вязкопластичной жидкости используется так называемый обобщенный параметр Рейнольдса  $Re^*$ , структура которого более сложная, чем параметра Рейнольдса для любой вязкой жидкости [1].

Для реологических сред, подчиняющихся вязкопластичному закону, т.е. бингамовских пластиков, критерий Рейнольдса может быть получен следующим образом. Касательное напряжение у стенки трубы  $\tau_{cm}$  равно

$$\tau_{cm} = \tau_0 + \mu_\delta \dot{\gamma}_{cm}. \quad (2)$$

Откуда можно получить выражение для  $\mu_\delta$ :

$$\mu_\delta = \frac{\tau_{cm} - \tau_0}{\dot{\gamma}_{cm}}.$$

Воспользовавшись формулами  $\tau_{cm}$  и  $\dot{\gamma}_{cm}$ , известными для течения бингамовского пластика в цилиндрической трубе, получим

$$Re^* = \frac{\rho v_{cp} D}{\mu_\delta \left( 1 + \frac{\tau_0 D}{\mu_\delta v_{cp}} \right)}. \quad (3)$$

Критерий Рейнольдса, определяемый по формуле (3), называется также обобщенным критерием Рейнольдса для бингамовского пластика. Для определения режима течения вязкопластичной жидкости, помимо обобщенного критерия Рейнольдса, рассчитанного по формуле (3), можно использовать также и критерий Хедстрема  $He$  [2]:

$$He = \frac{\tau_{xy} \rho D^2}{\mu_\delta^2}. \quad (4)$$

Причем нарушение структурного режима течения происходит при значениях  $He > 600$ .

**Целью** настоящей работы является получение взаимосвязи обобщенного параметра Рейнольдса и коэффициента гидравлических сопротивлений и оценка режима течения раствора.

Выражение обобщенного параметра Рейнольдса было получено при использовании известного уравнения Воларовича-Гуткина для расхода вязкопластичной жидкости между двумя параллельными плоскостями записанного в виде:

$$Q = \frac{2\Delta P h^3 b}{3\eta l} \left( 1 - \frac{3}{2} \frac{\Delta P_0}{\Delta P} + \frac{1}{2} \frac{\Delta P_0^3}{\Delta P^3} \right), \quad (5)$$

где  $Q$  – расход жидкости;  $\eta$  – структурная вязкость жидкости;  $2h$  – раскрытие трещин;  $b$  – ширина потока жидкости;  $l$  – длина;  $\Delta P$  – перепад давления;  $\Delta P_0$  – наибольший перепад давления, при котором вязкопластичная жидкость остается в равновесии.

Учитывая, что наибольший перепад давления, при котором вязкопластичная жидкость находится в равновесии, определяется выражением

$$\Delta P_0 = \frac{\tau_0 l}{h},$$

обозначим

$$\frac{\Delta P_0}{\Delta P} = \frac{h_0}{h} = \bar{x}_0, \quad (6)$$

где  $\tau_0$  – динамическое напряжение сдвига;  $2h_0$  – размеры ядра потока.

Далее запишем уравнение (5) в виде

$$Q = \frac{2\Delta P h^3 b}{3\eta l} \left( 1 - \frac{3}{2} \bar{x}_0 + \frac{1}{2} \bar{x}_0^3 \right). \quad (7)$$

Решая уравнения (7) относительно  $\Delta P$ , выразив расход жидкости через среднеобъемную скорость  $V_{co}$ , получим

$$\Delta P = \frac{3V_{co} \eta l}{h^2 \left( 1 - \frac{3}{2} \bar{x}_0 + \frac{1}{2} \bar{x}_0^3 \right)} \text{ м.} \quad (8)$$

Перепад давлений при течении жидкости в трещине с раскрытием  $2h$ , выраженный через безразмерный коэффициент гидравлических сопротивлений  $f$ , определяется по аналогии с уравнением Дарси-Вейсбаха по формуле

$$\Delta P = f \frac{l}{2h} \frac{V_{co}^2}{2g} \gamma, \quad (9)$$

где  $\gamma$  – удельный вес жидкости.

Приравняв правые части уравнения (8) и (9) и решая полученное уравнение относительно коэффициента гидравлических сопротивлений, получим

$$f = \frac{12\eta g}{\gamma V_{co} h \left( 1 - \frac{3}{2} \bar{x}_0 + \frac{1}{2} \bar{x}_0^3 \right)}. \quad (10)$$

Решая уравнение (10) относительно  $Re^*$  с учетом, что  $f = \frac{12}{Re^*}$ , получим уравнение обобщенного параметра Рейнольдса

$$Re^* = \frac{\gamma h V_{co}}{\eta g} \left( 1 - \frac{3}{2} \bar{x}_0 + \frac{1}{2} \bar{x}_0^3 \right). \quad (11)$$

Так как  $\frac{\gamma V_{co} h}{\eta g}$  есть параметр Рейнольдса  $Re'$ , выраженный через гидравлический радиус трещины, то уравнение (11) окончательно можно представить в виде

$$Re^* = Re' \left( 1 - \frac{3}{2} \bar{x}_0 + \frac{1}{2} \bar{x}_0^3 \right) = Re' \cdot \beta, \quad (12)$$

где  $\beta$  – комплексный параметр трещиноватости.

С целью проверки полученных аналитических выражений проводились экспериментальные исследования плоскорадialного течения вязкопластичных глиноцементных растворов. Для этого в соответствии с основными принципами гидравлического моделирования был изготовлен металлический стенд. На стенде выполнялось физическое моделирование плоскорадialного течения глиноцементных растворов в соответствии с критериями Эйлера и Фруда [3].

Исследовали течение тампонажных растворов, реологические зависимости которых приведены на рис. 1.

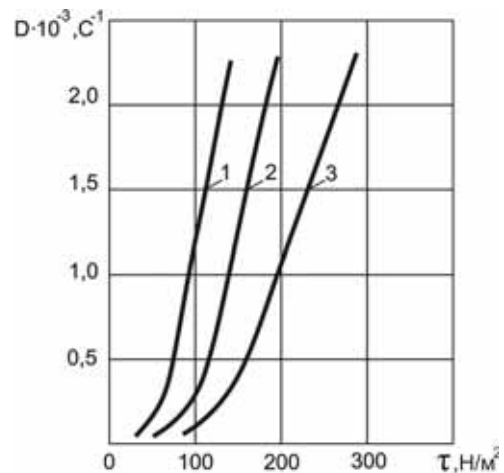


Рис. 1. Реологические характеристики глиноцементных тампонажных растворов: 1 – плотность глинистого раствора 1,18 г/см³; 2 – 1,2 г/см³; 3 – 1,23 г/см³

Работы на стенде и изучение реологических свойств тампонажных растворов проводили практически одновременно.

Течение тампонажного раствора каждого состава изучали при раскрытии трещин 1,2; 2,8; 5,6; 10 мм и максимальной скорости движение поршня силового цилиндра, что соответствовало расходу  $0,14-0,442 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ .

Основным исходным материалом, полученным в результате эксперимента, служили фотографии манометров в процессе нагнетания. По этим фотографиям снимали показания манометров.

Затем по данным наблюдений подсчитывали потери напора на трение по радиусу, рассчитывали числа Рейнольдса  $Re$ , определяли коэффициенты гидравлических сопротивлений  $f$ , затем строили графики гидравлических сопротивлений как функций числа Рейнольдса  $f=f(Re)$  и гидравлических уклонов как функций скорости  $J=J(v)$ , оценивали полученные закономерности.

При этом время нагнетания тампонажного раствора варьировали от 5 до 25 с. Параметры нагнетания приведены в табл. 1.

По данным опытных нагнетаний глиноцементных растворов в трещины с различной величиной раскрытия, рассчитывается средняя скорость течения раствора между точками замера гидродинамических давлений и определяются соответствующие перепады давления. В зависимости от средней скорости течения раствора, фактического перепада давления, раскрытия трещины и реологических характеристик тампонажного раствора рассчитывается коэффициент гидравлических сопротивлений, согласно уравнению (13), а обобщенный параметр Рейнольдса по формуле (11).

$$f = \frac{2g\delta\Delta P}{v^2\gamma(R_n - R_{n-1})}, \quad (13)$$

Таблица  
Параметры нагнетания тампонажного раствора

Раскрытие трещины, мм	Расход раствора, л/с				
	t=5 с	t=10с	t=15с	t=20с	t=25с
1,2	0,4	0,25	0,28	—	—
2,8	0,14	0,15	0,175	0,175	0,23
5,6	0,28	0,30	0,3	0,28	0,28
10,0	0,28	0,3	0,3	0,31	0,26

Таким образом, были получены данные для расчетов коэффициентов гидравлических сопротивлений и обобщенного параметра Рейнольдса для глиноцементных растворов на основе глинистого раствора удельного веса  $1,18 \text{ г/см}^3 - 1,23 \text{ г/см}^3$  с добавкой 100 г/л цемента и 10 г/л жидкого стекла.

На рис. 2 приведен график зависимости  $f=f(Re^*)$  для тампонажных растворов, реологические кривые которых представлены на рис. 1.

Прямая, приведенная на графике, соответствует теоретической зависимости коэффициента гидравлических сопротивлений  $f$  от обобщенного параметра Рейнольдса  $Re^*$ , рассчитанной по формуле (11).

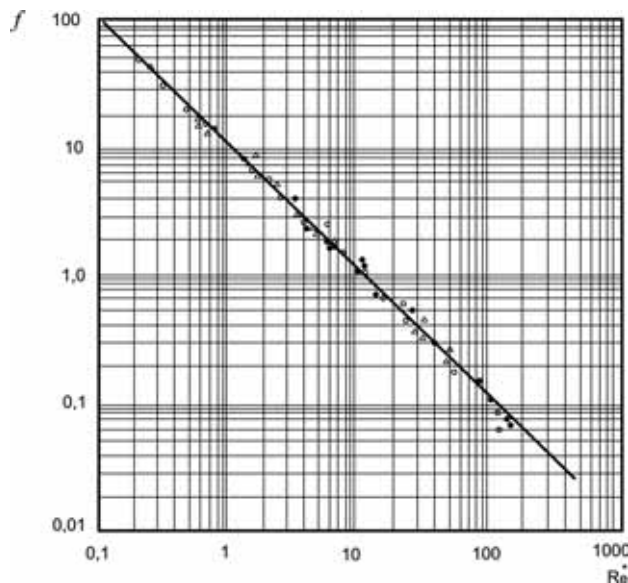


Рис. 2. Зависимость коэффициента гидравлических сопротивлений от обобщенного параметра Рейнольдса  $f=f(Re^*)$  при течении тампонажных растворов в трещинах: о —  $1,18 \text{ г/см}^3$ ; ○ —  $1,20 \text{ г/см}^3$ ; △ —  $1,23 \text{ г/см}^3$

Анализ графика зависимости коэффициента гидравлических сопротивлений от обобщенного параметра Рейнольдса показывает, что для всех исследованных составов тампонажных растворов и во всем диапазоне раскрытий трещин наблюдается хорошая сходимость экспериментальных данных с теоретической зависимостью  $f=f(Re^*)$  для области структурного режима движения.

Следовательно, исследованный диапазон скоростей движения тампонажных растворов соответствует структурному режиму течения.

Переходная зона от структурного режима течения к турбулентному находится в области больших значений обобщенного параметра Рейнольдса и результатами исследований не выявлена. По результатам экспериментальных исследований течения вязкопластичных жидкостей в трещинах показано, что нарушение структурного режима течения при движении глиноцементных тампонажных растворов будет происходить при  $Re_{кр}^* > 600$ .

### Список литературы

1. Щелкачев В.Н. Подземная гидродинамика. — М.: Недра, 1971. — 281 с.
2. Расчет потерь давления при плоско-радиальном течении тампонажных растворов в трещинах / Л.М. Ивачев, Э.Я. Кипко, И.В. Попов и др. — Изв. вузов. Горный журнал. — 1974. — № 2. — С. 29-32.
3. Должиков П.Н., Кипко А.Э. Физика движения вязкопластичных тампонажных растворов: Монография. — Донецк: "Вебер" (Донецкое отделение), 2007. — 237 с.

Рекомендовано до публикации д.т.н. П.М. Должиковим 08.01.09

### ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИИ ЦЕЛИ ДЛЯ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДСИСТЕМЫ «УПРОЧНЕННЫЕ ПОРОДЫ – КРЕПЬ»

Розглянуто критерії вибору раціональної деформаційно-силової характеристики підсистеми «зміцнені породи – кріплення» для побудови функції мети при оптимізації режиму взаємодії системи «масив – зміцнені породи – кріплення».

Рассмотрены критерии выбора рациональной деформационно-силовой характеристики подсистемы «упрочненные породы – крепь» для построения функции цели при оптимизации режима взаимодействия системы «массив – упрочненные породы – крепь».

Criteria of a choice of the rational deformation-force characteristic of a subsystem «strengthened a rocks – support» for construction of function of the purpose are considered by optimization of a mode of interaction of system «massif – strengthened a rocks – support».

Очевидно, что максимальный эффект от упрочнения приконтурного массива достигается при установлении рациональных параметров его взаимодействия с поддерживающей крепью и с разупрочненным массивом в окрестности выработки. Поэтому успешное решение этой актуальной проблемы должно базироваться на принципах оптимизации режимов взаимодействия и взаимовлияния элементов триединой системы «массив – упрочненные породы – крепь» наряду с наиболее полным учетом особенностей упрочняющего эффекта от действия анкеров и нагнетания твердеющих смесей. Эти особенности, как показывает отечественная и мировая практика, характеризуются существенной дискретностью упрочняющего действия, которая накладывается на значительную неоднородность механических и геометрических параметров образованной грузонесущей конструкции в целом (названа нами подсистема «упрочненные породы – крепь»). Это обуславливает появление возмущений ее деформационно-силовой характеристики как в поперечном, так и продольном сечениях выработки. Данные факторы генерируют формирование пространственных изменений размеров зоны неустойчивого равновесия пород вокруг выработки и нагрузки на крепь от их веса. В совокупности отмеченные причины вызывают существенную непостоянность режимов взаимодействия системы «массив – упрочненные породы – крепь» в поперечном и продольном сечениях выработки, что отрицательно сказывается на ее устойчивости.

Таким образом, интенсификация ресурсосберегающих технологий обеспечения устойчивости горных выработок на основе более достоверного учета особенностей совместной работы упрочненных пород и крепи должна базироваться на пространственной оптимизации процесса взаимодействия системы «массив – упрочненные породы – крепь».

В общем случае в двухпараметрической схеме (рис. 1,а) идеальная деформационно-силовая характеристика крепи  $q_K(U)$  должна быть равна функции

$P_2(U)$  по кривой 2 (возможное обрушение). Тогда функция  $q_K(U)$  неминуемо пройдет через оптимальную точку  $O$ . На практике этого добиться чрезвычайно трудно как по причинам стохастического разброса функции  $P_2(U)$ , так и из-за сложности подбора функции  $q_K(U)$  для конкретной крепи. Поэтому обычно формулируют менее жесткий критерий

$$q_K(U) \geq P_2(U). \tag{1}$$

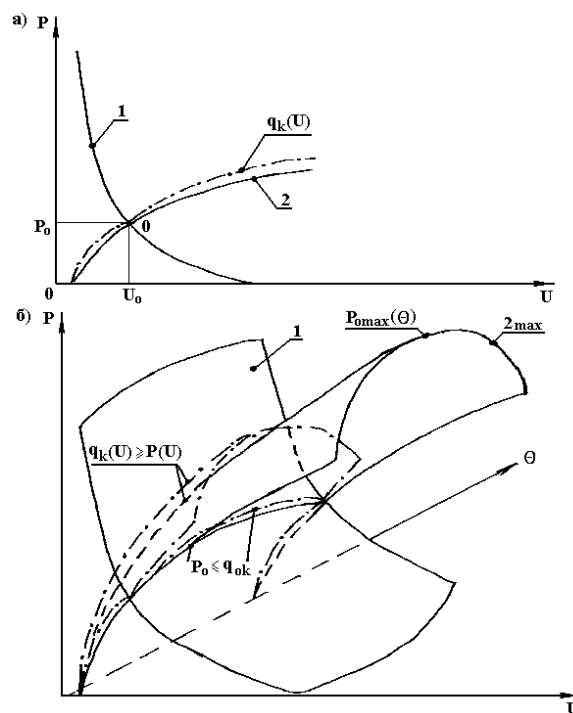


Рис. 1. К формулировке критерия выбора рациональной деформационно-силовой характеристики крепи по двухпараметрической (а) и четырехпараметрической (б) схемам

В четырехпараметрической схеме происходит аналогичная картина (см. рис. 1,б). Необходимо, чтобы поверхность  $q_K(U, \theta, Z)$  была не менее поверхности  $P_2(U, \theta, Z)$ . Но имеются и свои особенности.

Во-первых, требуется, чтобы минимальная реакция крепи  $q_{K\min}(U, \theta)$  была не ниже максимальной нагрузки  $P_{2\max}(U, \theta)$ , располагаемой в том же сечении выработки, то есть

$$q_{K\min}(U, \theta) \geq P_{2\max}(U, \theta) \text{ при } Z = 0. \quad (2)$$

Во-вторых, рассмотрим эпюры реакции крепи  $q_K(\theta)$  и нагрузки  $P_2(\theta)$  на нее в поперечном сечении выработки (рис. 2).

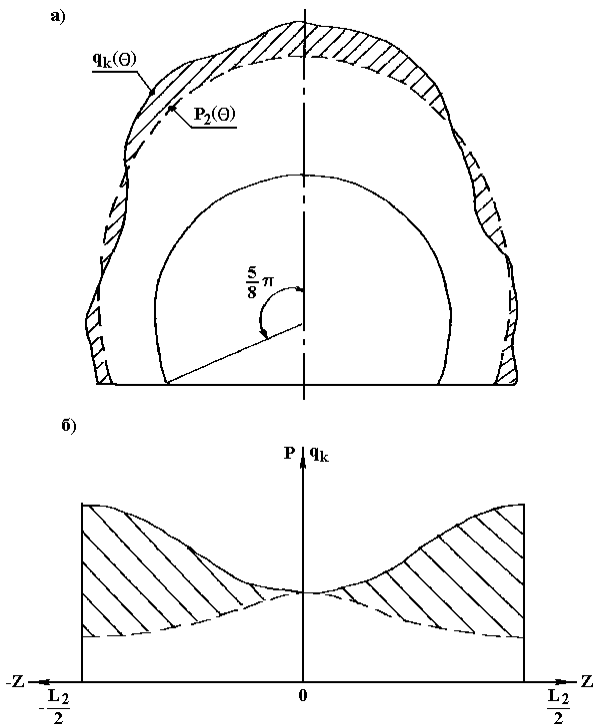


Рис. 2. Графическая интерпретация критериев выбора рациональной деформационно-силовой характеристики подсистемы «упрочненные породы – крепь» в поперечном (а) и продольном (б) сечениях выработки

Проще всего сформулировать условие, когда в любой точке контура реакция крепи должна быть не ниже нагрузки на нее. Однако расчеты по предельному состоянию крепей [1] показывают, что образование в наиболее напряженных местах пластических и квази-пластических шарниров приводит не только к перераспределению нагрузки, но и в ряде случаев к повышению несущей способности крепи. Поэтому, на наш взгляд, более целесообразно смягчить условие (2) в плане интегрального его выполнения по контуру вы-

работки, однако при этом все-таки разделить на две составляющие: интегральное выполнение по вертикальным и боковым нагрузкам. Тогда можно записать следующие условия

$$\left. \begin{aligned} \int_0^{\frac{5}{8}\pi} q_K \cos \theta \geq \int_0^{\frac{5}{8}\pi} P_2 \cos \theta; \\ \int_0^{\frac{5}{8}\pi} q_K \sin \theta \geq \int_0^{\frac{5}{8}\pi} P_2 \sin \theta. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Суммируя вышесказанное необходимо стремиться к снижению разницы между реакцией подсистемы «упрочненные породы – крепь» и нагрузкой на нее, особенно в продольном направлении, и критерий выбора рациональной деформационно-силовой характеристики подсистемы записать в виде

$$\left. \begin{aligned} \int_0^{\frac{L_2}{2}} \left[ \int_0^{\frac{5}{8}\pi} q_K(\theta, Z) \cos \theta d\theta - \int_0^{\frac{5}{8}\pi} P_{0\max}^P(\theta, Z) \cos \theta d\theta \right] dz \rightarrow 0; \\ \int_0^{\frac{L_2}{2}} \left[ \int_0^{\frac{5}{8}\pi} q_K(\theta, Z) \sin \theta d\theta - \int_0^{\frac{5}{8}\pi} P_{0\max}^P(\theta, Z) \sin \theta d\theta \right] dz \rightarrow 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

при  $U = U_{0\max}(\theta)$ .

Система (4) решается с учетом соблюдения условия (2).

Таким образом, с учетом исследований [2-4] получены все элементы для нахождения наиболее рационального решения по выбору режима взаимодействия системы. На первый взгляд решение задачи по оптимизации взаимодействия элементов подсистемы «упрочненные породы-крепь» лежит на поверхности – придав эпюре реакции и зависящей от нее эпюре нагрузки постоянное значение по длине выработки и уравнив их между собой в поперечном сечении. Однако практически все подсистемы «упрочненные породы-крепь» да и подавляющее большинство конструкций крепей характеризуются периодически изменяющейся вдоль выработки эпюрой реакции. Поэтому необходимо наполнить содержанием функцию цели (4) и искать соотношения ее параметров, при которых она бы в наибольшей степени приближалась к оптимальному значению. Для этого имеется все необходимое: эпюра реакции  $q_K(\theta, Z)$  определяется по базовому уравнению [2]; эпюра нагрузки – по данным работ [3, 4]. Решив совместно выражения из [2-4] с уравнениями (4) и выполнив необходимые преобразования, получены следующие функции цели:

$$\begin{aligned} & \text{по горизонтальным нагрузкам} \\ & q_{0\max} \left( 0,92 + 0,8\alpha_{1\max} + 0,4\alpha_{2\max} + 0,3\alpha_{3\max} \right) - \gamma_6 \left[ 2,92 - 1,52 \exp(-0,019\sigma_{сж}^0 \varphi) \right] \exp(-0,023\sigma_{сж}^0 \varphi) \times \\ & \times \left\{ 0,45 + 0,73r_{II} - (3,85 + 0,66r_{II}) \left[ 1 + (1 - 2,4\psi_2^2 - 0,6\psi_2) (\alpha_{1\max} + 0,9\alpha_{2\max} + 0,8\alpha_{3\max}) \right] \cdot 10^{-3} q_{0\max} \right\} \rightarrow 0 \quad (5) \end{aligned}$$

при условии  $\int_0^{\frac{5}{8}\pi} q_{K_{Z=0}} \cos \theta d\theta = \int_0^{\frac{5}{8}\pi} P_{Z=0} \cos \theta d\theta$ ;

по вертикальным нагрузкам

$$q_{0_{max}} \left( 0,62 + 0,43\alpha_{1_{max}} - 0,26\alpha_{3_{max}} \right) - \gamma_0 \left[ 1,35 - 0,55 \exp(-0,019\sigma_{сж}^0 \varphi) \right] \exp(-0,023\sigma_{сж}^0 \varphi) \times \left\{ 0,45 + 0,73r_{II} - (3,85 + 0,66r_{II}) \left[ 1 + (1 - 2,4\psi_2^2 - 0,6\psi_2) (\alpha_{1_{max}} + 0,9\alpha_{2_{max}} + 0,8\alpha_{3_{max}}) \right] \right\} \cdot 10^{-3} q_{0_{max}} \rightarrow 0 \quad (6)$$

при условии  $\int_0^{\frac{5}{8}\pi} q_{K_{Z=0}} \sin \theta d\theta = \int_0^{\frac{5}{8}\pi} P_{Z=0} \sin \theta d\theta$ ,

где  $\alpha_{1_{max}}$ ,  $\alpha_{2_{max}}$ ,  $\alpha_{3_{max}}$  – относительные составляющие, учитывающие неравномерность распределения реакции системы по продольной оси выработки;  $\psi_1$  и  $\psi_2$  – параметры, характеризующие угловые координаты экстремумов в функции распределения реакции подсистемы в поперечном сечении выработки;  $\theta$  и  $Z$  – угловая и продольная координаты поперечного и продольного сечений горной выработки;  $\gamma$  – объемный вес породы;  $r_a$  – радиус выработки;  $r_I$  – радиус зоны неустойчивого равновесия породы;  $\sigma_{\sigma}^0$  и  $\varphi$  – остаточная прочность на одноосное сжатие и угол внутреннего трения породы в зоне неустойчивого равновесия.

Исходя из полученных функций цели, возникает возможность разработки ряда рекомендаций общего характера относительно оптимизации режимов взаимодействия элементов системы «массив – упрочненные породы – крепь». При этом следует отметить также возможность вариации эпюры реакции подсистемы «упрочненные породы – крепь», поскольку количество параметров, описывающих эпюру, значительно превышает количество условий (четыре) по математическим выражениям (5) и (6)

функции цели. Такая свобода выбора параметров позволяет оптимизировать напряженное состояние подсистемы «упрочненные породы – крепь» в направлении максимального ресурсосбережения.

### Список литературы

1. Гелескул М.Н., Каретников В.Н. Справочник по креплению капитальных и подготовительных горных выработок. – М.: Недра, 1982. – 479 с.
2. Ковалевская И.А. Расчет нагрузки на крепь выработки и оценка ее достоверности с учетом пространственной системы «горный массив – упрочненные породы – крепь» // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 8. – С. 11-14.
3. Ковалевская И.А. Взаимосвязь нагрузки на подсистему «упрочненные породы – крепь» и ее реакции // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 3. – С.17-20.
4. Ковалевская И.А. Критерии оптимизации факторов формирования нагрузки на подсистему «упрочненные породы – крепь» // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 9. – С.59-62.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Бондаренком 05.01.09*

УДК 622.45

М.Ф. Кременчуцький, О.А. Муха, І.І. Пугач, С.І. Пугач, О.В. Столбченко

## ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПАРАЛЕЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Розроблено метод визначення параметрів вентиляційної системи місцевого провітрювання при паралельних металевих трубопроводах.

Разработан метод определения параметров вентиляционной системы местного проветривания при параллельных металлических трубопроводах.

A method of determining the parameters of the ventilation system of local ventilation, with parallel metal pipes.

Інтенсифікація роботи гірничого підприємства неможлива без здійснення підготовчого фронту робіт. Забезпечення безпеки праці і належних санітарно-гігієнічних параметрів рудникової атмосфери в тушкових виробках у значній мірі залежить від показників системи місцевого провітрювання. Провітрювання тушкових виробок при порівняно невеликій довжині, невисоких газо- і тепловиділеннях, як правило, не викликає ускладнень. Якщо ж довжина тушкової виробки перевищує 500 м, то забезпечення таких виробок необхідною кількістю повітря представляє певні труднощі. Тому моделювання системи місцевої вентиляції з метою визначення її раціональних параметрів є актуальним завданням, що вимагає всебічного вивчення.

Метою роботи є розробка моделі вентиляційної системи тушкової виробки великої довжини. Для її досягнення необхідно визначити аналітичні залежності аеродинамічного опору металевих трубопроводів від величини діаметра та розробити математичну модель вентиляційної системи місцевого провітрювання при використанні паралельних трубопроводів.

Представимо математичну модель вентиляційної системи місцевого провітрювання у вигляді:

$$rLKQ^2 = a_0 - a_1K^2Q^2,$$

де  $r$  – питомий аеродинамічний опір жорсткого трубопроводу,  $\text{к}\mu/\text{м}$ ;  $L$  – довжина трубопроводу,  $\text{м}$ ;  $Q$  – витрата повітря, що надходить в кінець трубопроводу,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $a_0, a_1$  – коефіцієнти формули, що описує характеристику вентилятора.

Для металевих трубопроводів згідно з табл. 5.7 [1] питомий аеродинамічний опір виразимо залежністю

$$r = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot D^{-5,6}, \quad (1)$$

де  $D$  – діаметр трубопроводу,  $\text{м}$ .

У табл. 1 наведено порівняння величин питомого аеродинамічного опору згідно з табл. 5.7 [1] і формулою (1).

Таблиця 1

Питомі аеродинамічні опори твердого трубопроводу з нових сталевих труб без урахування витоків повітря

D, м	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
r, $\text{к}\mu/\text{м}$	0,0728	0,0293	0,0116	0,0057	0,0031	0,0016	0,0005
	0,0728	0,0262	0,0111	0,0052	0,0027	0,0015	0,0005

Примітка: чисельник – значення  $r$  згідно з керівництвом [1], знаменник – відповідно до формули (1).

Коефіцієнт витоків повітря для жорстких трубопроводів на прямолінійній ділянці визначимо за формулою [1]

$$K = (0,33K_{YC}DL^{1,5}r^{0,5}l_z^{-1} + 1)^2, \quad (2)$$

де  $K_{YC}$  – коефіцієнт питомої стикової повітропроникності при фланцевому з'єднанні трубопроводу; приймаємо згідно з табл. 5.5 [1];  $l_z$  – довжина ланки трубопроводу,  $\text{м}$ .

При  $K_{YC} = 0,0006$ ;  $l_z = 4 \text{ м}$  формула (2) набуває вигляду:  $K = (2,12 \cdot 10^{-4} \cdot D^{-1,8} L^{1,5} + 1)^2$ , а при  $D = 0,5 \text{ м}$  –  $K = (7,38 \cdot 10^{-6} \cdot L^{1,5} + 1)^2$ .

Залежність коефіцієнта витоків повітря при діаметрі 0,5 м від довжини для металевих трубопроводів наведена в табл. 2.

Згідно табл. 2 коефіцієнт витоків повітря в металевому трубопроводі діаметром 0,5 м опишемо рівнянням

$$K_{0,5} = 0,897 \exp(5,5 \cdot 10^{-4} \cdot L).$$

Характеристику вентилятора місцевого провітрювання запишемо у вигляді

$$H = a_0 - a_1Q_B^2,$$

де  $H$  – депресія вентилятора,  $\text{даПа}$ ;  $Q_B$  – подача вентилятора,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Таблиця 2

Величина коефіцієнта витоків повітря для металевого трубопроводу діаметром 0,5 м залежно від його довжини

<i>L</i> , м	300	500	700	900	1100	300	1500	1700	1900
<i>K</i>	1,038	1,172	1,292	1,438	1,611	1,811	2,041	2,302	2,596

Для вентилятора місцевого провітрювання ВМЦ-6 при куті повороту лопаток напрямного апарата 40°:  $a_0 = 732,92$ ;  $a_1 = 11,43$ .

При великій довжині тупикової виробки та обмеженій площі її поперечного перерізу виникає необхідність мати в складі вентиляційної системи два або три паралельних трубопроводи. Математичну модель вентиляційної системи в цьому випадку опишемо формулою

$$\frac{1,5E - 03 \cdot Q^2 L}{n^2 D^{5,6}} 0,897 \exp(5,5 \cdot 10^{-4} \cdot L) = \quad (3)$$

$$= a_0 - a_1 \cdot 0,805 \exp(3,03 \cdot 10^{-0,7} \cdot L^2),$$

де  $n$  – кількість паралельних металевих трубопроводів.

Для визначення довжини трубопроводів  $L$ , на кінець яких надходить кількість повітря  $Q$ , шляхом перебору значень  $L$  вирішимо рівняння (3). При роботі ВМЦ-6 і куті повороту лопаток 40° на кінець одного трубопроводу діаметром 0,5 м кількість повітря  $Q = 5 \text{ м}^3/\text{с}$  буде надходити при довжині  $L = 363 \text{ м}$ , при двох паралельних металевих трубопроводах при довжині  $L = 1012 \text{ м}$ , при трьох –  $L = 1613 \text{ м}$ .

Кількість повітря, що буде надходити при відомій довжині трубопроводів, визначимо при рішенні рівняння

$$Q = \sqrt{\frac{n^2 D^{5,6} (a_0 - a_1) 0,805 \exp(3,03 \cdot 10^{-0,7} \cdot L^2)}{1,3L \exp(5,5 \cdot 10^{-4} \cdot L)}} \text{ м}^3/\text{с}.$$

При роботі ВМЦ-6 з кутом повороту лопаток 40°, діаметрі трубопроводу 0,5 м і довжині 800 м на кінець одного металевого трубопроводу буде поступати  $Q = 2,98 \text{ м}^3/\text{с}$ ; на кінець двох паралельних трубопроводів –  $Q = 5,96 \text{ м}^3/\text{с}$ ; на кінець трьох –  $Q = 8,94 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Коефіцієнт витоків повітря у металевому трубопроводі діаметром 0,6 м визначимо з виразу

$$K_{0,6} = 0,907 \exp(4,1 \cdot 10^{-4} \cdot L).$$

При двох паралельних трубопроводах різних діаметрів витрата повітря, що протікає по одному з них, внаслідок рівності депресій двох трубопроводів дорівнюватиме

$$Q_2 = Q_1 \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^{2,8},$$

де  $Q_1, Q_2$  – витрати повітря, що протікають по першому і другому трубопроводам  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $D_1, D_2$  – діаметри першого і другого трубопроводів відповідно, м.

При діаметрах трубопроводів 0,5 і 0,6 м витрати повітря по трубопроводу з діаметром 0,6 м будуть

$$Q_1 = 0,603 \cdot Q_2, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Математична модель вентиляційної системи, що включає два паралельних трубопроводи з діаметрами 0,5 і 0,6 м, набуває вигляду:

$$\frac{0,0015L}{(0,5^{5,6} (1 + \sqrt{\frac{0,6^{5,6}}{0,5^{5,6}}})^2)} Q_2^2 (0,897 \exp(5,5 \cdot 10^{-4} \cdot L) + 0,603 \cdot 0,907 \exp(4,1 \cdot 10^{-4} \cdot L)) = a_0 - a_1 Q_2^2 (0,897 \times \quad (4)$$

$$\times \exp(5,5 \cdot 10^{-4} \cdot L + 0,603 \cdot 0,907 \exp(4,1 \cdot 10^{-4} \cdot L)^2).$$

Вираз (4) дозволяє визначити (шляхом перебору значень  $L$ ), на яку довжину двох трубопроводів діаметрами 0,5 і 0,6 м ВМП може подати у вибій виробки витрати повітря  $Q_1 + Q_2 = 1,603 Q_1$ . При роботі вентилятора ВМЦ-6 з кутом повороту лопаток 40° на кінець трубопроводів будуть надходити витрати повітря  $Q_1 = 1,89 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_2 = 3 \text{ м}^3/\text{с}$  при довжині трубопроводу  $L = 1060 \text{ м}$ .

Витрати повітря, що будуть надходити на кінець трубопроводів при заданій довжині  $L$ , визначимо за формулою

$$Q_2 = \sqrt{\frac{a_0}{A_1 + A_2}},$$

де

$$A_1 = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot L}{0,5^{5,6} (1 + \sqrt{\frac{0,6^{5,6}}{0,5^{5,6}}})^2} (0,897 \cdot \exp(5,5 \cdot 10^{-0,4} \cdot L) + 0,547 \exp(4,1 \cdot 10^{-4} \cdot L));$$

$$A_2 = a_1 (0,547 \exp(5,5 \cdot 10^{-4} \cdot L) + 0,547 \exp(4,1 \cdot 10^{-4} \cdot L)).$$

При роботі ВМЦ-6 і довжині  $L = 800 \text{ м}$  –  $Q_1 = 1,93 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_2 = 3,21 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Залежність коефіцієнта витоків повітря в металевому трубопроводі від діаметра, відповідно до рівняння (2), при заданій довжині буде мати вигляд

$$K = f_0 D^{f_1}. \quad (5)$$

При довжині трубопроводу  $L = 600 \text{ м}$  коефіцієнт витоків у металевому трубопроводі

$$K = 1,037 D^{-0,2}.$$



При довжині трубопроводу  $L = 800$  м

$$K = 1,098D^{-0,28}$$

Математична модель вентиляційної системи з урахуванням рівняння (5) при заданій довжині трубопроводу набуває вигляду

$$\frac{0,0015Q^2L}{D^{5,6}} f_0 D^{f_1} = a_0 - a_1 f_0^2 D^{2f_1} \quad (6)$$

Діаметр трубопроводу при заданій довжині й витратах повітря  $Q$  визначається при рішенні рівняння (6) шляхом перебору значень  $D$ .

При довжині  $L = 600$  м рівняння (6) запишеться у вигляді

$$\frac{0,0015Q^2L}{D^{5,6}} 1,037D^{-0,2} = a_0 - a_1 1,037^2 D^{-0,4} \quad (7)$$

Відповідно до рівняння (7) на кінець одного трубопроводу вентилятор ВМЦ-6 при куті нахилу лопаток  $40^\circ$  буде подавати кількість повітря  $Q = 5$  м<sup>3</sup>/с при діаметрі  $D = 0,54$  м.

Рівняння (6) дозволяє визначити витрати повітря, що надходить на кінець трубопроводу при заданих довжині й діаметрі трубопроводу. Витрати при довжині трубопроводу  $L = 800$  м визначимо з виразу:

$$Q = \sqrt{\frac{(a_0 - 1,206a_1)D^{5,6}}{1,318D^{-0,28}}} \quad (8)$$

Вентилятор ВМЦ-6 при куті повороту лопаток спрямованого апарата  $40^\circ$ , довжині трубопроводу  $800$  м і діаметрі  $0,5$  м буде подавати на кінець трубопроводу відповідно до рівняння (8) витрати повітря  $Q = 3$  м<sup>3</sup>/с.

УДК 614.89

С.І. Чеберячко, Д.І. Радчук

## ОЦІНКА ВПЛИВУ СМУГИ ОБТЮРАЦІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОТИПИЛОВИХ ПІВМАСОК

Проаналізовано конструкції та матеріали смуг обтюрації респіраторів. Досліджено вплив смуги обтюрації на коефіцієнт проникнення. Установлено, що маски, які повторюють контур обличчя, є найбільш ефективними.

Проанализированы конструкции и материалы полос обтюрации респираторов. Исследовано влияние полосы обтюрации на коэффициент проникания. Определено, что маски, повторяющие контур лица, являются наиболее эффективными.

Designs and materials of sealing strips of respirators are analyzed. Sealing strip influence on penetration factor is investigated. Results, that the most fitting masks, are the most effective are received.

В результаті співставлення показників захисної ефективності фільтрувальних елементів і ЗІЗОД в цілому було встановлено, що одне із слабких місць пі-

вмасок – обтюратор, через який нефільтроване повітря потрапляє до легенів працівників [1]. В сучасних стандартах величина коефіцієнта підсоосу за смугою

На базі табличних даних [1] визначені:  
– аналітична залежність аеродинамічного опору металевого трубопроводу від величини діаметра;  
– величина коефіцієнту витоків повітря залежно від довжини трубопроводу при відомій величині діаметра;  
– залежність коефіцієнту витоків повітря в металевому трубопроводі від величини діаметра;  
– залежності довжини трубопроводу й витрати повітря при описанні аеродинамічного опору формулами від діаметра трубопроводу.

Запропонована математична модель вентиляційної системи при різних діаметрах паралельних трубопроводів. На базі зазначених залежностей за допомогою обґрунтованої математичної моделі вентиляційної системи місцевого провітрювання при металевому трубопроводі розраховані параметри системи. Математична модель та отримані залежності перевірені чисельними розрахунками.

### Список літератури

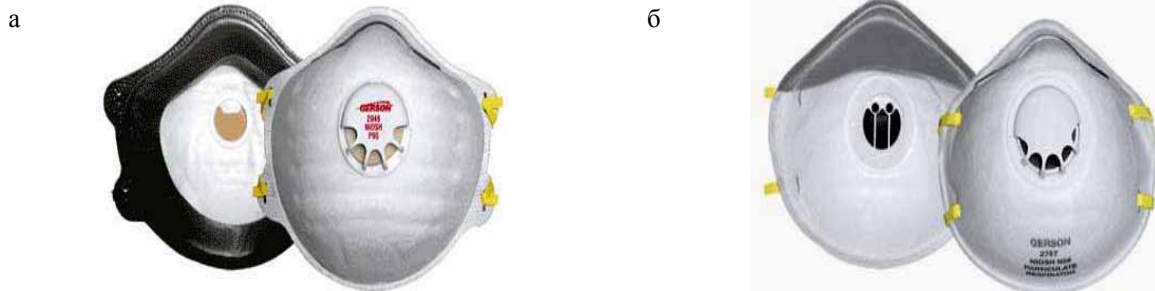
1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Государственный нормативный акт по охране труда. – К.: Основа, 1994. – 311 с.
2. Аэрология горных предприятий / Ушаков К.З., Бурчаков А.С., Пучков Л.А., Медведев И.И. – М.: Недра, 1987. – 421 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Голіньком 10.12.08

обтюраторії регламентована і повинна складати не більше 5 %. Вона у декілька разів більше, чим коефіцієнт проникнення фільтрів, особливо для респіраторів третього ступеня захисту. Отже, підвищуючи надійність прилягання півмаски до обличчя, значно покращуємо захисну ефективність ЗІЗОД.

Багаточисельні дослідження коефіцієнта проникнення півмасок показали, що найбільша кількість аерозолів за смугою обтюраторії проникає в

області перенісся [2]. Це зумовлено різними причинами, але головна – складність врахування індивідуальних особливостей обличчя працівників. Тому розробники ЗІЗОД постійно удосконалюють конструкцію обтюратора, виходячи з антропометричних розмірів обличчя, з метою мінімізації величини підсмоктування неочищеного повітря.



*Рис. 1. Обрамлення смуги обтюраторії високоефективних респіраторів*



*Рис. 2. Смужка з внутрішньої сторони півмасок для зменшення підсосу нефільтрованого повітря в зоні перенісся*

Існує декілька основних типів обтюраторів, які зустрічаються майже у всіх світових виробників респіраторної техніки (рис. 1), які забезпечують, залежно від ступеня захисту заданий коефіцієнт підсосу між півмаскою і обличчям. Смуга обтюраторії може повністю (за смугою обтюраторії) (рис. 1,а) або частково (рис. 1,б) ущільнюватись спеціальною еластичною смужкою з пористих матеріалів (пінополіуретану, триплексу та ін.). Така конструкція використовується здебільшого у високоякісних ЗІЗОД третього ступеня захисту. А менш ефективні – часто оснащуються з внутрішньої сторони півмаски біля перенісся невеликою смужкою, наприклад з поролону, щоб ліквідувати нещільності тільки біля крил носа (рис. 2).

У деяких моделях для кращої герметизації додається ще й носовий затискач, який являє собою полосу з м'якого металу (наприклад, алюмінію, спеціальної фольги) або пластика (рис. 3). Хотілось відмітити і півмаски, в яких стовщений обтюратор у вище згаданій області, що також ліквідує нещільності зумовлені формою обличчя (рис. 4). Необхідно відмітити й оригінальні обтюратори у респіраторів “Лепесток” і “Кама” (рис. 5), які називають автори

винаходу «фільтрувальним контуром» [3]. За допомогою резинового шнура забезпечується будь-який типорозмір півмасок.

Подібна ситуація з пошуку оптимальної конструкції обтюратора спостерігається і в півмасках до багаторазових респіраторів. За допомогою різних конструктивних рішень, направлених на ліквідацію підсосів нефільтрованого повітря, виробники намагаються покращити захисні властивості ЗІЗОД в цілому. Так, існує класичний обтюратор, який використовується здебільшого у гумових півмасках (рис. 6), який характеризується рівномірним стовщенням по всьому контуру півмаски. З початком використання для виробництва ЗІЗОД силікону, пластика, а також поєднання різноманітних еластичних матеріалів (наприклад, пластезоль, «кротон» та ін.), з'явилися і нові оригінальні обтюратори, умовно які можна поділити на два класи звичайні – «поптал» і посилені – «elib» (рис. 7). Оскільки кожний виробник ЗІЗОД намагається запропонувати оригінальну півмаску, щоб її дизайн відрізнявся від інших, при цьому забезпечувались не тільки високі захисні а й ергономічні показники.



Зразок 5



Зразок 6

Рис. 3. Типи носового затискача: зразок 5 – металева смужка; зразок 6 – пластикова смужка



Рис. 4. Смугою обтюрації має стовщення в області перенісся (зразок 7)



Рис. 5. Смугою обтюрації «фільтрувальний контур» (зразок 8)



Зразок 9



Зразок 10

Рис. 6. Класичний обтюратор у гумових півмасок

Оцінювати щільність прилягання півмаски до обличчя будемо за величиною коефіцієнта підсосу у відповідності до вимог ДСТУ EN 149:2003 і ДСТУ EN 140:2004 за тест-аерозолем парафінового мастила. Принципова схема установки для визначення коефіцієнта підсосу наведена на рис. 8. Суть методу полягає у визначенні відношення концентрації тест-аерозолу в підмасковому просторі респіратора до концентрації парафінового мастила до респіратора:

$$K = \frac{C}{C_0} 100 \%,$$

де  $C$  – концентрація парафінового мастила у підмасковому просторі респіратора,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  $C_0$  – концентрація тест-аерозолу до респіратора,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

Перед початком випробувань одноразових респіраторів визначали початкову концентрацію тест-аерозолу у випробувальній камері 9 з витратою повітря 95 л/хв за допомогою фотометра 5. Відібрані півмаски закріплювали на спеціальній насадці (рис. 9), надійно герметизуючи смугу обтюрації за допомогою

гумового кільця та клапани видихання (заклеювали гумою) і визначали концентрацію парафінового мастила у підмасковому просторі. Таким же способом оцінювали коефіцієнт проникнення фільтрувальних елементів багаторазових респіраторів. Потім респіратори закріплювали на муляжі голови 10, що розміщувався у випробувальній камері. І знову визначали концентрацію тест-аерозолу в підмасковому просторі.

Коефіцієнт підсосу розраховували за формулою:

$$K_{пд} = K_{пм} - K_{пфм},$$

де  $K_{пд}$  – коефіцієнт підсосу за смугою обтюрації;  $K_{пм}$  – коефіцієнт проникнення півмаски;  $K_{пфм}$  – коефіцієнт проникнення фільтрувального матеріалу півмаски.

Необхідно пікреслити, що наведені результати коефіцієнта проникнення півмасок можуть відрізнитись від реальних, бо були отримані на муляжі голови, тоді як ДСТУ EN 149:2003 вимагає оцінювати величину підсосу ЗІЗОД на людях.





Рис. 9. Універсальна насадка

В зв'язку з тим, що при дослідженнях на людях не можна відтворити результати експериментів, дуже складно підтримувати задану витрату повітря (повинна дорівнювати 95 л/хв), було прийнято рішення визначати захисну ефективність на муляжі голови. Тобто якісна картина проникання аерозолі за смугою обтюрації збережеться, що дозволить порівняти різні конструкції.

Результати дослідження наведені в табл. 1 (див. вище).

Проведені дослідження представлених півмасок показали їх високу захисну ефективність. Однак у більшості півмасок через смугу обтюрації потрапляє більше неочищеного повітря ніж крізь їх фільтри або фільтрувальний шар. Так, найкращий результат, як і очікували, зафіксовано у респіратора третього класу захисту (зразок 1), у якого обтюратор повністю ущільнюється додатковою смужкою із пористого матеріалу.

Цікаві результати отримали у півмасок другого ступеня захисту (зразок 2, 4, 5, 6). Бачимо, що серед них найкращий результат у півмаски з додатковим шаром ущільнюючого матеріалу в області перенісся. Також і стовщення обтюратора у вищезгаданій області (зразок 5) покращує захисні властивості респіраторів. Дещо гірша ефективність у зразка 4 частково пояснюється іншою формою півмаски. Так, порівнюючи значення коефіцієнта підсосу зразків 5 і 6, можна зробити висновок, що кращі показники

мають півмаски, конструкція яких повторює обличчя людини. Обтюратор "фільтрувальний контур" у вітчизняного респіратора теж має гарний результат, здебільшого завдяки електростатичному прилипанню його до обличчя (фільтрувальні матеріали ФПП характеризуються стійким об'ємним електростатичним зарядом, який отримують на стадії формування волокон).

Оцінюючи респіратори багаторазового використання бачимо, що класичний обтюратор має найгірший результат. У той же час форма смуги обтюратора у зразка 12 має можливість повторювати різні контури обличчя, що підтверджує низький коефіцієнт підсосу. Дослідження показують найбільша кількість нефільтрованого повітря проникає в області перенісся, тому півмаска з підсиленням обтюратора саме в цій області буде мати кращий результат (зразки 12 і 13).

### Висновки

Визначення коефіцієнта підсосу різних півмасок дозволило встановити:

- у високоефективних півмасок обтюратор повністю ущільнюється додатковою смужкою із пористого матеріалу;
- всі представлені півмаски одного класу захисту характеризуються подібним коефіцієнтом підсосу;
- кращі показники мають півмаски, конструкція яких повторює обличчя людини;
- найбільша кількість нефільтрованого повітря проникає в області перенісся, тому півмаска з підсиленням обтюратора саме в цій області характеризується кращим результатом.

### Список літератури

1. Лепесток (Легкие респираторы) / Петрянов И.В., Кошечев В.С., Басманов П.И. и др. – М.: Наука, 1984. – 218 с.
2. Миронов Л.А. Значение подсоса загрязненного воздуха в подмасочное пространство фильтрующих респираторов и методы его обнаружения // Рабочая одежда. – 2002. – № 3. – С. 15-21.
3. Средства индивидуальной защиты органов дыхания: Справочное руководство / П.И. Басманов, С.Л. Каминский, А.В. Коробейников, М.Е. Трубицына. – СПб.: ГИПП «Искусство России», 2002. – 399 с

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Голіньком 15.12.08

## МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОДУКТАХ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ

Запропоновано методику прогнозу вмісту рідких елементів в продуктах збагачення (теоретичний баланс) вугілля з урахуванням генетичних зв'язків цих елементів з органічною та мінеральною частиною вугілля.

Предложена методика прогнозирования содержания редких элементов в продуктах обогащения (теоретический баланс) углей с учетом их генетических связей с органической и минеральной частями угля.

The methods of forecasting elements content in dressing products taking into account genetic ties of there elements with the organic and minerals parts of coal are offered in the paper.

Исходной предпосылкой комплексного использования угля является его сложный вещественный состав, наличие в нем необходимых промышленности химических элементов, соединений, ценных свойств. При разведке и эксплуатации угольных месторождений необходимо оценить запасы полезного ископаемого, выявить закономерные связи между характеристиками углей, определяемыми на стадии геолого-разведочных работ, в том числе – степенью обогатимости и качеством продуктов обогащения.

В углях обнаружены практически все элементы Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. При изучении закономерностей накопления редких элементов в углях, их поведения при обогащении и сжигании существенное значение имеют сведения о формах соединений микроэлементов в твердых топливах. В первую очередь проводят изучение тех микроэлементов, которые могут либо представлять экологическую опасность, либо реально или потенциально промышленную ценность. К промышленно ценным относят: U, Ge, Ga, Mo, V, Hg, Re, B, Li, Ag, Se, PЗЭ, Sc, Be, Au; к экологически опасным согласно принятому в США государственному «Акту о чистом воздухе» (United States Clean Air Act Amendments, 1990), отнесены 12 элементов, определение которых считается обязательным: As, Be, Cd, Cr, Co, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, U.

При оценке связи редких элементов с органической или минеральной частями углей использовали:

– коэффициент сродства с органическим веществом  $F_o$ , показывающий отношение содержаний редких элементов в углях с легкой (меньше  $1,7 \text{ г/см}^3$  ( $C_{орг}$ )), богатой органическими веществами и тяжелой, плотностью (больше  $1,7 \text{ г/см}^3$  ( $C_{мин}$ )), богатой минеральными веществами. Уравнение имеет вид:  $F_o = C_{орг}/C_{мин}$ . В результате расчетов получим ряд, показывающий связь элемента или с органической массой угля ( $F_o$  больше 1), или с минеральными компонентами ( $F_o$  меньше 1);

– коэффициент приведенной концентрации  $F_{пк}$ , показывающий отношение содержания элемента в фракции  $i$  ( $C_i$ ) к содержанию в исходном угле  $C_o$ ;

– коэффициент приведенного извлечения элемента во фракции разной плотности.

Данная методика прогнозирования содержания редких элементов ( $CЭ$ ) в продуктах обогащения является теоретическим балансом, учитывающим генетические связи  $CЭ$  с органической и минеральными частями углей и позволяющая определять  $CЭ$  при идеальном разделении горной массы.

В случаях, когда известно  $CЭ$  в горной массе и продуктах обогащения, полученный в результате фракционного анализа выход продуктов обогащения, можно аналитически определить основные показатели технологического процесса, в том числе и извлечение редких элементов в продукты обогащения.

### 1. При обогащении горной массы с выделением двух продуктов – концентрата и отходов:

Получение двух продуктов – концентрата и отходов – является наиболее простым случаем обогащения углей. В этом случае уравнение баланса имеет вид:

$$100 CЭ_{зм} = y_k CЭ_k + y_{ом} CЭ_{ом} ,$$

где  $CЭ_{зм}$  – содержание редкого элемента в горной массе;  $y_k$  – выход концентрата;  $CЭ_k$  – содержание редкого элемента в концентрате;  $y_{ом}$  – выход отходов;  $CЭ_{ом}$  – содержание редкого элемента в отходах.

Используя разделение баланса компонентов на минеральную и органическую часть, определяется  $CЭ$  в продуктах обогащения. Расчет  $CЭ$  производится отдельно для редких элементов минеральной и органической части, т.е. в первом случае содержание элементов увеличивается в ряду:

$$CЭ_y < CЭ_{зм} < CЭ_{ом} ,$$

где  $CЭ_y$  – содержание редкого элемента в угле.

Во втором случае (приуроченности к органической части)  $CЭ$  увеличивается в ряду:

$$CЭ_{ом} < CЭ_{зм} < CЭ_y .$$

Расчет  $CЭ$  в продуктах обогащения редких элементов минеральной части:

в концентрате:

$$CЭ_k = (100CЭ_{zm} - y_{om}CЭ_{om}) / y_k.$$

в отходах:

$$CЭ_{om} = (100CЭ_{zm} - y_kCЭ_k) / y_{om}.$$

## 2. При обогащении горной массы с выделением трёх продуктов – концентрата, промпродукта и отходов:

При данном способе обогащения, используя разделение баланса компонентов на минеральную и органическую часть, определяется СЭ в продуктах обогащения. Расчет СЭ производится отдельно для редких элементов минеральной и органической части, т.е. в первом случае содержание редких элементов увеличивается в ряду:

$$CЭ_y < CЭ_{nl} < CЭ_{zm} < CЭ_{om},$$

где  $CЭ_{nl}$  – содержание редкого элемента в угольном пласте.

Во втором случае увеличение содержаний редких элементов происходит в ряду:

$$CЭ_{om} < CЭ_{zm} < CЭ_{nl} < CЭ_y.$$

Уравнение баланса имеет вид:

$$100\tilde{N}\tilde{Y}_{\tilde{a}} = \delta_e\tilde{N}\tilde{Y}_e + \delta_{ir}\tilde{N}\tilde{Y}_{ir} + \delta_{io}\tilde{N}\tilde{Y}_{io},$$

где  $y_{nn}$  – выход промпродукта;  $CЭ_{nn}$  – содержание редкого элемента в промпродукте.

### Расчет СЭ в продуктах обогащения редких элементов минеральной части:

в концентрате:

– при известном выходе концентрата и промпродукта, СЭ в горной массе, отходах и промпродукте:

$$CЭ_k = [y_k - 100(CЭ_{om} - CЭ_{zm}) + y_{nn}(CЭ_{om} - CЭ_{nn})] / y_{nn};$$

– при известном выходе концентрата и отходов, СЭ в горной массе, отходах и промпродукте:

$$CЭ_k = [y_kCЭ_{nn} - 100(CЭ_{nn} - CЭ_{zm}) - y_{om}(CЭ_{om} - CЭ_{nn})] / y_k;$$

в промпродукте:

– при известном выходе промпродукта и отходов, СЭ в концентрате, горной массе и отходах:

$$CЭ_{nn} = [y_{nn}CЭ_{om} - 100(CЭ_{om} - CЭ_{zm}) + y_{om}(CЭ_{om} - CЭ_k)] / y_{nn};$$

$$CЭ_{nn} = [y_{nn}CЭ_k + 100(CЭ_{zm} - CЭ_k) - y_{om}(CЭ_{om} - CЭ_k)] / y_{nn};$$

в отходах:

– при известном выходе промпродукта и отходов, СЭ в концентрате, горной массе и промпродукте:

$$CЭ_{om} = [y_{om}CЭ_k + 100(CЭ_{zm} - CЭ_k) - y_{nn}(CЭ_{nn} - CЭ_k)] / y_{om};$$

– при известном выходе концентрата и отходов, СЭ в концентрате, горной массе и промпродукте:

$$CЭ_{om} = [y_{om}CЭ_{nn} - y_k(CЭ_{nn} - CЭ_k) - 100(CЭ_{nn} - CЭ_{zm})] / y_{om};$$

### Расчет СЭ в продуктах обогащения редких элементов органической части:

в концентрате:

– при известном выходе концентрата и промпродукта, СЭ в промпродукте, отходах и горной массе:

$$CЭ_k = [y_kCЭ_{om} + 100(CЭ_{zm} - CЭ_{om}) - y_{nn}(CЭ_{nn} - CЭ_{om})] / y_k;$$

– при известном выходе концентрата и отходов, СЭ в промпродукте, отходах и горной массе:

$$CЭ_k = [y_{kk}CЭ_{nn} + 100(CЭ_{zm} - CЭ_{nn}) + y_{om}(CЭ_{nn} - CЭ_{om})] / y_k;$$

в промпродукте:

– при известном выходе промпродукта и отходов, СЭ в отходах, концентрате и горной массе:

$$CЭ_{nn} = [y_{nn}CЭ_k - 100(CЭ_k - CЭ_{zm}) + y_{om}(CЭ_k - CЭ_{om})] / y_{nn};$$

– при известном выходе промпродукта и концентрата, СЭ в отходах, концентрате и горной массе:

$$CЭ_{nn} = [y_{nn}CЭ_{om} + 100(CЭ_{zm} - CЭ_{om}) - y_k(CЭ_k - CЭ_{om})] / y_{nn};$$

в отходах:

– при известном выходе концентрата и отходов, СЭ в промпродукте, концентрате и горной массе:

$$CЭ_{om} = [y_{om}CЭ_{nn} + 100(CЭ_{zm} - CЭ_{nn}) - y_k(CЭ_k - CЭ_{nn})] / y_{om};$$

– при известном выходе отходов, промпродукта и концентрата, СЭ в концентрате, промпродукте и горной массе:

$$CЭ_{om} = [y_{nn}CЭ_{zm} + y_{nn}(CЭ_{zm} - CЭ_{nn}) - y_k(CЭ_k - CЭ_{zm})] / y_{om}.$$

## Выводы

Таким образом, разработанная методика позволяет на стадии проектирования и эксплуатации горнодобывающих и обогатительных предприятий выбрать оптимальную технологическую схему обогащения горной массы с учетом содержащихся в них редких элементов в зависимости от их связи с органической и минеральной частями углей.

Рекомендовано до публікації д.г.-м.н. М.О. Доброгорським 17.12.08

## ПРОБЛЕМА СТИКОВКИ МЕЖ СУМІЖНИХ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК У ЧЕРГОВОМУ КАДАСТРОВОМУ ПЛАНІ МІСТ

Висвітлена сучасна проблема стиковки меж суміжних земельних ділянок у черговому кадастровому плані міст, проаналізовано причини виникнення та їх можливі наслідки, запропоновані пропозиції з вирішення цієї проблеми.

Освещена современная проблема стыковки границ смежных земельных участков в дежурном кадастровом плане городов, проанализированы причины возникновения и их возможные последствия, предложены рекомендации по решению этой проблемы.

The modern problem of docking of scopes of contiguous lands of lots is lighted up in the duty cadastre plan of cities, reasons of origin and their possible consequences are analysed, recommendations are offered in decision of this problem.

**Актуальність проблеми.** В Україні, починаючи з 1993 року, при виконанні геодезичних робіт з визначення координат кутів поворотів меж земельних ділянок (далі ЗД) постійно виникає проблема стиковки їх меж у черговому кадастровому плані міста (далі ЧКПМ).

Під стиковкою меж ЗД у ЧКПМ будемо розуміти, що суміжна межа двох ЗД співпадає і виглядає як одна пряма або ломана лінія.

Під нестиковкою ЗД у ЧКПМ будемо розуміти, що суміжна межа двох ЗД не співпадає і виглядає двома лініями, які знаходяться на деякій відстані одна від одної і між ними є розрив. Різновидом нестиковки може бути накладка, коли суміжна межа ЗД повністю або частково проходить по іншій суміжній ЗД. Також при стиковці меж двох суміжних ЗД у ЧКПМ, доволі часто, одночасно відбуваються прояви нестиковки і накладки.

Раніше стиковка меж ЗД у ЧКПМ виконувалась за згодою землевласника, не зважаючи на величини змін площі та довжин між кутами поворотів меж ЗД. Але сьогодні все більше землекористувачів не погоджуються на стиковку, навіть коли зміни в площі ЗД незначні.

Крім цього, вирішення питання стиковки меж ЗД у ЧКПМ відбирає багато часу, що значно затримує одержання юридичними та фізичними особами правостановлюючих документів на ЗД, особливо у громадян, які приватизують свої ЗД [1]. Тому розробка пропозицій щодо процедури стиковки меж ЗД у ЧКПМ є актуальною і має велике значення, як для громадян України, так і для всіх геодезичних і землепорядних організацій, які задіяні в процесі оформлення правостановлюючих документів на ЗД.

**Постановка та аналіз проблеми.** Нестиковка меж суміжних ЗД відбувається через те, що при різних визначеннях координат кутів поворотів суміжної межі ЗД одержуються різні значення координат. Вона може бути різною за своїм значенням. У кожному ЧКПМ встановлюється свій допуск на величину нестиковки меж суміжних ЗД, який становить від декі-

лькох міліметрів (або навіть нуля) до декількох сантиметрів. Наприклад, у ЧКПМ Дніпропетровська такий допуск на сьогодні дорівнює 3 см.

У [2] вказується, що при двох різних методах визначення координат кутів поворотів меж ЗД, розбіжність їх положення не повинна перевищувати 0,15 м. Також у [2] вказується, що обчисленні за координатами і виміряні в натурі відстані між суміжними кутами поворотів меж не повинні різнитися більше ніж на 0,15 м. Таким чином, можна зробити перше припущення, що величина допуску нестиковки меж суміжних ЗД не повинна перевищувати 0,15 м.

Різні значення координат кутів поворотів меж суміжних ЗД можуть бути у результаті виникнення похибок або помилок виконавців геодезичних робіт при вимірах і розрахунках [3]. Такими причинами можуть бути: похибка у вимірах при прокладанні теодолітного ходу, похибка у вимірах з визначення координат кутів поворотів меж ЗД, похибки в координатах вихідних пунктів, помилки обчислювача, комбінації з указаних вище причин. При цьому похибки можуть бути випадковими, систематичними і грубими. Дві останні, а також помилки можна визначити і ліквідувати, але *випадкові похибки завжди неминучі*. У даній роботі самі похибки не досліджуються. Розглянемо тільки один випадок – похибку визначення координат точок теодолітного ходу.

У [2] наведено, що гранична абсолютна похибка (лінійна нев'язка) в теодолітному ході не повинна перевищувати 0,30 м. Наведемо такий простий приклад. Дві незалежні бригади (геодезичні організації) для визначення меж двох суміжних ЗД прокладають два різні теодолітні ходи, які спираються на різні вихідні пункти міської геодезичної мережі. Потім точки цих двох ходів використовуються для визначення координат кутів поворотів меж двох суміжних ЗД. Отримані координати кутів поворотів суміжної межі ЗД будуть обов'язково різнитися. Але є випадки, коли ці розбіжності іноді можуть сягати до 0,5 м і більше, майже якщо всі виміри виконано з допустимими нев'язками.



Застосування сучасних електронних тахеометрів значно підвищує точність визначення координат точок теодолітного ходу, але означена проблема не зникає. Оскільки за вихідні пункти теодолітного ходу також беруться пункти міської полігонометрії 1 і 2 розрядів, які були закладені ще декілька десятиріч тому. Не всі лінії цих мереж вирівнювались одночасно, тому це призвело до неузгодженості між координатами пунктів полігонометрії різних ліній. Ці та інші фактори незадовільного стану міської геодезичної мережі неодноразово висвітлювалися у багатьох роботах [4-7].

Застосування GPS-приймачів також значно підвищує точність визначення координат точок зйомочного обґрунтування і, у деяких випадках, координат кутів поворотів меж ЗД. Але означена проблема також остаточно не вирішується.

Узагальнюючи наведене вище, можна зазначити, що координати кутів поворотів суміжних меж ЗД, якщо вони визначались різними геодезичними організаціями або повторними незалежними вимірами однієї організації, можуть мати значні розбіжності. Очевидно, що в результаті стиковки меж ЗД у ЧКПМ велика розбіжність у значеннях координат кутів поворотів меж ЗД призведе до зміни площі, периметра і конфігурації цієї ЗД.

Таким чином, виникає задача визначити допустиму розбіжність в координатах точок кутів поворотів меж ЗД, обчислених незалежними геодезичними організаціями при стиковці меж суміжних ЗД в ЧКПМ.

Спочатку розглянемо випадок стиковки меж ЗД з межами вже існуючих в ЧКПМ суміжних ЗД.

**Приклад № 1.** За результатами геодезичних вимірів та їх математичної обробки обчислено координати кутів поворотів меж і встановлено розміри ЗД № 1 (рис. 1). Для спрощення і наочності приймаємо, що ця ділянка прямокутна.

ЗД №№ 2-4 вже приватизовані, а відомості про їх межі є в ЧКПМ. Розбіжність у нестиківці ЗД № 1 приймаємо однаковою з усіх боків, яка дорівнює 0,10 м. Фактична площа вимірної ділянки складає 1000 м<sup>2</sup>, а якщо межі ЗД № 1 стикувати з суміжними межами ЗД №№ 2-4 то її площа збільшиться і становить 1010,5 м<sup>2</sup>. Якщо ця ділянка у подальшому буде приватизована, то у її власника виникне проблема.

Приватизувати у місті можливо тільки 1000 м<sup>2</sup>. Таким чином, необхідно, умовно кажучи, «відрізати» «зайві» 10,5 м<sup>2</sup>, хоча на цій відрізаній смужці землі може знаходитись огорожа або частина якоїсь будівлі тощо.

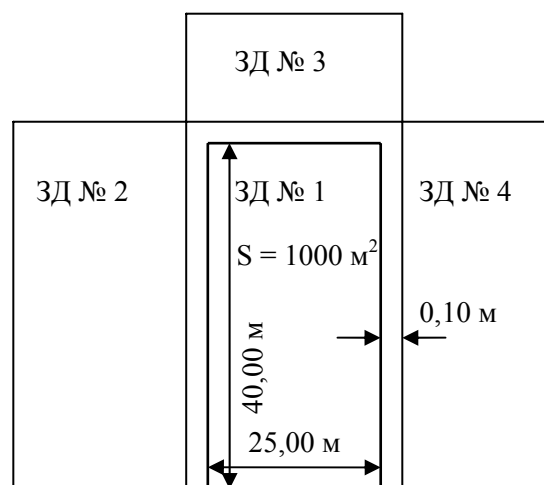
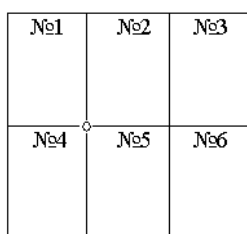


Рис. 1. Стиковка ЗД № 1

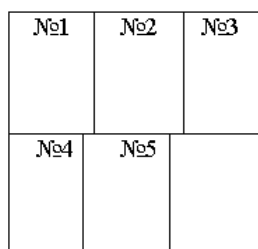
Частина ЗД, що перевищує площу 1000 м<sup>2</sup>, можна оформити в оренду. Але, якщо «відрізана» частина ЗД вільна від забудови, то її оформлення сьогодні дуже складне.

**Приклад № 2.** На рис. 3, а показано фактичне розташування шістьох ЗД на місцевості. ЗД №№ 1-4 вже приватизовані і відомості про їх межі є в ЧКПМ. Координати кутів поворотів меж ЗД № 5 обчислені, а ЗД № 6 – ще ні.

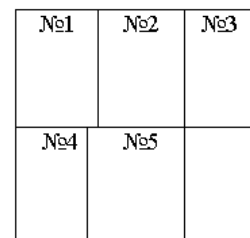
На рис. 3,б показано розташування меж вже приватизованих ЗД і ЗД № 5 у ЧКПМ. При цьому ширина ділянки № 4 визначена з похибкою, яка дорівнює 0,15 м. Якщо межі ЗД № 5 стикувати до раніше приватизованих ЗД №№ 1 – 4 зі збереженням її площі і розмірів, то у неї з'являється додатковий суміжник (власник ЗД № 1), який в натурі (на місцевості) не межує з нею. У майбутньому ЗД № 6 також отримає суміжника, з яким в натурі (на місцевості) не межує.



а



б



в

Рис. 3

А якщо межі ЗД № 5 просто стикувати до межі суміжної ЗД № 4 (рис. 3,в), то її площа збільшиться. При значенні довжини суміжної межі ЗД № 5 40 м, її площа збільшиться на 6 м<sup>2</sup>.

Є випадки, коли ЗД з усіх боків межує з раніше приватизованими ЗД, тоді вона може мати нестиківку (накладку). Усе це призводить до спотворення конфігурації, периметра і площі ЗД.

У [4, 8] зазначено, якщо в технічній документації наведено невірне (спотворене) положення меж ЗД, то це призведе до проблем у майбутньому, і в першу чергу, між суміжниками.

Ці два приклади ілюструють найбільш прості випадки нестиковок (накладок) меж суміжних ЗД у ЧКПМ. Автори сподіваються, що наведених прикладів достатньо, щоб висвітлити цю проблему.

Крім того, збільшення або зменшення площі ЗД призводить до того, що сплачується невірний земельний податок, і коли хтось із власників буде продавати цю ЗД, то він отримає більше чи менше грошей. Враховуючи район розташування ЗД, ці кошти можуть бути значними. Наприклад, у результаті стиковки площа ЗД ділянки стала більше на 10 м<sup>2</sup>. При вартості 1 м<sup>2</sup> ЗД 1500 грн., продавець необґрунтовано отримає 15000 грн. При цьому у майбутньому може виникнути така проблема. У результаті продажу цієї ЗД новий власник перемиряє свою придбану ЗД і встановлює, що у ділянки довжина межі зі сторони якогось суміжника за фактом менша, наприклад, на 0,5 м, ніж за державним актом. Тоді новий власник ЗД може висунути претензії до свого сусіда. Тим паче, що при купівлі він платив за площу, вказану в державному акті.

Також може бути і навпаки. Якщо в результаті стиковки площа ЗД зменшиться також на 10 м<sup>2</sup>, то продавець недоотримав 15000 грн. Крім того, весь цей час він недоплатував земельний податок зі своєї ЗД.

При виконанні інвентаризації меж ЗД обов'язково виконується опис меж ЗД. У випадку стиковки межі ЗД у ЧКПМ, особливо, якщо величини розбіжностей в координатах значні, то виникає питання, як наводити опис меж? Якщо дати опис меж за фактичним користуванням, то він не буде відповідати координатам, визначеним після стиковки. Тим паче, що, у більшості випадків, за фактичним користуванням межі ЗД проходять по жорстких контурах. А якщо їх стикувати, то вони будуть проходити по умовних лініях, і, в такому випадку, треба давати новий відповідний опис меж ЗД, закладати межові знаки та наводити їх прив'язки.

Крім цього, є випадки нестиковки меж суміжних ЗД у ЧКПМ не за рахунок похибок при вимірюваннях, а виходячи з реальних обставин на місцевості. Наприклад, між двома домоволодіннями проходить стежка шириною до 1 м або є стік води при зливах, танення снігу та ін.; два домоволодіння знаходяться на різній висоті і між ними крутий схил, який не може використовувати ні один із землевласників.

Аналізуючи існуючий стан проблеми, причини і види нестиковок ЗД у ЧКПМ, їх можна поділити на допустиму, нормальну і грубу нестиковку.

**Допустима** – це така нестиковка, коли може бути нестиковка (накладка), але лінійна відстань між ідентичними точками суміжних меж ЗД перебуває в допуску.

**Нормальна** – це така нестиковка, коли у ЧКПМ межа ЗД не стикається (накладається) з суміжними ЗД на більше допустимого значення розбіжності координат. Але довжини між відповідними кутами поворотів меж співпадають або різняться на незначну

величину і при цьому конфігурація ЗД повторюється, а її площа і периметр практично не змінюються.

**Груба** – це така нестиковка, коли у ЧКПМ межа ЗД не стикається (накладається) з суміжними ЗД або накладається на іншу несуміжну ЗД, іншу вулицю або район. Розбіжності в координатах ідентичних точок значні і, головне, що конфігурація меж не повторює межі суміжних ЗД, а площа і довжини ліній між кутами поворотів відрізняються на значну величину.

**Вирішення вказаних проблем.** Виходячи з наведеного вище, виникає ще одна проблема, яку треба негайно вирішити, а саме: встановити допуски, при яких можлива стиковка меж ЗД у ЧКПМ. При цьому, необхідно враховувати граничні зміни довжин меж і площі ЗД.

Стосовно точності визначення площі ЗД у [2] вказується, що абсолютна гранична похибка визначення площі не повинна перевищувати 1 м<sup>2</sup>, якщо площа ЗД становить до 0,10 га, 10 м<sup>2</sup> – якщо площа ЗД в межах від 0,10 до 1,0 га і 50 м<sup>2</sup> – якщо площа ЗД в межах від 1,0 до 10,0 га.

Прийmemo за величину допуску в зміні площі ЗД у результаті стиковки її межі в ЧКПМ допустиму похибку визначення площі ЗД. Виконаємо такий розрахунок. Для спрощення нехай ЗД буде прямокутна, довжиною 50,00 м і шириною – 20,00 м. Звідки її площа становить 1000 м<sup>2</sup>. Для такої ЗД допустима похибка визначення її площі буде 1 м<sup>2</sup>. Приймаємо, що в результаті стиковки межі її площа стала 1001 м<sup>2</sup>. Визначимо, які можливі значення довжини та ширини ЗД можуть виникнути в цьому випадку. Результати занесені в табл. 1. Також у табл. 1 наведені можливі значення довжини та ширини при інших змінах площі.

Таблиця 1

№ з/п	Площа S, м <sup>2</sup>	Довжина а, м	Ширина b, м
1	1000	50,00	20,00
2	1001	50,05	20,02
3	1002	50,10	20,04
4	1003	50,15	20,06
5	1005	50,25	20,10
6	1008	50,40	20,16
7	1010	50,50	20,20

Аналізуючи дані табл. 1 можна бачити, що при зміні площі на 1 м<sup>2</sup> максимальні зміни довжини і ширини сягають 5 і 2 см відповідно, а при зміні площі на 10 м<sup>2</sup> відповідні зміни довжини і ширини – 50 і 20 см. У першому випадку така точність визначення координат майже не реальна, а в другому – значні зміни довжин не задовольняють замовника робіт. Крім того, з табл. 1 добре видно, що зміни за шириною менші, ніж зміни за довжиною, і тому ЗД краще стикувати за шириною, ніж за довжиною.

Наведемо деякі міркування щодо впливу стиковки меж ЗД на її вартість. Якщо робити експертну грошову оцінку ЗД, то вона виконується різними методами. Розбіжність вартості ЗД за різними методами умовно прийнято вважати в межах 10%. Але, якщо таку розбіжність прийняти за базову, то це буде достатньо значна сума. Наприклад, вартість ЗД площею 1000 м<sup>2</sup> за нормативною оцінкою дорівнює 1 млн. грн. У табл. 2 наведено, яка сума відповідає від 1 до 10% цієї вартості.

Таблиця 2

Проценти, %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сума, тис. грн.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Відповідна площа, м <sup>2</sup>	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Аналізуючи дані табл. 2 бачимо, що 10% це дуже велика сума грошей. Адже, якщо взяти тільки 1%, то на нього теж припадає немаленька сума.

Крім того, в третьому рядку табл. 2, наведено, яка площа відповідає вказаним процентам у першому рядку. Адже, 1% вартості ЗД відповідає зміні площі у 10 м<sup>2</sup> і відносній похибці 1/100.

**Основні узагальнення.** Враховуючи наведене вище, можна зробити такі основні узагальнення:

1. Стиковка меж суміжних ЗД у ЧКПМ спотворює істинні конфігурацію, периметр і площу ЗД.

2. Вочевидь, що необхідно підібрати критерії стиковки. Тобто, при яких критеріях (показниках) всіма спотвореннями суміжних меж ЗД можна зневажати, а при яких – ні.

3. За такі критерії пропонується прийняти зміни у: координатах кутів поворотів суміжних меж, довжинах між кутами поворотів суміжних меж, конфігурації, площі, вартості ЗД. Усі ці критерії треба розглядати окремо і в сукупності.

4. З наведених вище критеріїв можна виділити один основний, який призводить до проявів усіх інших, а саме: зміна координат кутів поворотів меж суміжних ЗД. Цей критерій і треба досліджувати в першу чергу, оскільки він впливає на всі інші. Тобто необхідність стиковки або нестиковки меж суміжних ЗД у ЧКПМ визначати тільки після дослідження впливу змін координат кутів поворотів меж суміжних ЗД на всі інші критерії.

**Пропозиції щодо допустимих змін у критеріях:** Визначати такі кути поворотів меж суміжних ЗД, різниця в координатах яких знаходиться у межах допуску, тобто, коли лінійна зміна не перевищує 0,15 м. Якщо лінійна зміна координат більше, чим 0,15 м, то треба визначити вплив на довжину суміжної межі ЗД і на всю ЗД в цілому.

Зміна довжини між кутами поворотів меж суміжних ЗД не повинна перевищувати 0,05 м, якщо ця довжина менша 10 м; 0,10 м – якщо довжина в інтервалі від 10 до 20 м, 0,15 м – якщо довжина в інтервалі від 20 до 80 м.

Зміна конфігурації в результаті стиковки меж суміжних ЗД у ЧКПМ не повинна добавляти нового

суміжника, якого не має в натурі. При цьому, якщо зміна довжини меж менша 0,15 м, то вважати, що нового суміжника немає.

Зміни площі та вартості ЗД не повинні перевищувати 1%. Тобто, якщо зміни площі та вартості менше 1%, то треба вважати, що ЗД не змінила свого положення.

**Пропозиції щодо процедури вирішення проблеми:**

1. Організація, яка виконує геодезичні роботи передає файл \*.in4 у ЧКПМ для перевірки та отримання координат кутів поворотів меж раніше приватизованих суміжних ЗД і даних про геодезичні організації, що виконували відповідні попередні роботи. Плата за цю послугу повинна бути *помірно невеликою*.

2. Після отримання усіх необхідних даних геодезична організація виконує аналіз нестиковки, а потім діє залежно від її виду:

– **Випадок допустимої нестиковки.** Якщо зміни всіх критеріїв незначні та менше допустимих, то необхідно виконати стиковку меж ЗД. При цьому, все це необхідно вказати в пояснювальній записці. Опис меж по їх фактичному положенню повинен бути поданий у копіях польових матеріалів і на плані ЗД.

– **Випадок нормальної нестиковки.** Геодезична організація, яка визначила таку нестиковку, повинна, в першу чергу, повторними незалежними вимірами перевірити визначення координат кутів поворотів меж ЗД. Різниця між повторно отриманими координатами кутів поворотів повинна бути меншою 0,10 м. За остаточне значення координат кутів поворотів меж ЗД приймають їх середнє значення. У разі підтвердження правильності обчислення координат кутів поворотів меж ЗД повідомити про це організацію, яка виконувала геодезичні роботи для суміжної ЗД. Ця організація у 15-денний термін повинна виконати необхідні роботи для внесення змін у ЧКПМ.

Якщо організації, яка виконувала геодезичні роботи для суміжної ЗД, вже не існує, то усі необхідні роботи повинна виконати організація, яка виявила цю нестиковку.

Усі ці геодезичні роботи повинні бути виконані зі збереженням значень площі та довжин між кутами поворотів межі суміжної ЗД.

– **Випадок грубої нестиківки.** Геодезична організація, яка визначила таку нестиківку, повинна, в першу чергу, повторними незалежними вимірами перевірити визначення координат кутів поворотів меж ЗД. Різниця між повторно отриманими координатами кутів поворотів меж ЗД повинна бути меншою 0,10 м. За остаточне значення координат кутів поворотів приймають середнє значення. У разі підтвердження правильності обчислення координат кутів поворотів повідомити про це організацію, яка виконувала геодезичні роботи для суміжної ЗД.

Оскільки неможливо зберегти площу і довжини між кутами поворотів меж суміжної ЗД, то стиковку в цьому випадку робити не треба.

Центр державного земельного кадастру міста зобов'язаний письмово звернутись до власника ЗД з проханням надати дозвіл на виконання повторних геодезичних робіт. Ці роботи повинні бути виконані організацією, яка раніше виконувала геодезичні роботи. Якщо цієї організації вже не існує, то ці роботи повинна виконати організація, яка виявила нестиківку безкоштовно.

Якщо землевласник, у якого виявлено неточне визначення меж, не згоден на ці роботи, то його суміжна ЗД повинна бути приватизована з нестиківкою. Настане час, коли цю ЗД треба буде переоформляти. Тоді буде треба виконати роботи з коригування технічної документації і державного акту на ЗД. Тобто перед видачею довідки про нормативну оцінку вартості ЗД необхідно виконати роботи з визначення координат кутів поворотів меж ЗД. Важливо, щоб відповідні служби міста прийняли рішення про спрощену процедуру переоформлення державних актів на землю.

У противників цієї пропозиції є такий аргумент. Площа кадастрового кварталу повинна дорівнювати сумі площ усіх ЗД цього кварталу. Це вірно. Але, якщо суміжний землевласник відмовляється від коригування та переоформлення документів, то отримання державного акту на ЗД може затриматись на тривалий термін. Тому запропонований підхід згодом вірно вирішить цю проблему.

Запропоновані пропозиції з часом можуть змінитись з розвитком нових досягнень у техніці і технології виконання робіт. Також, варто відмітити, що враховуючи важливість і актуальність порушеної проблеми, необхідно провести нараду з її широким обговоренням у наукових, виробничих і освітянських колах та надати до міської ради пропозиції щодо затвердження спрощеної процедури переоформлення державних актів у випадках грубої нестиківки.

**Висновки.** Прийняття допусків у змінах координат кутів поворотів меж ЗД дасть змогу обґрунтовано приймати рішення про можливість стиковки або нестиківки меж суміжних ЗД.

Прийняття пропозицій щодо процедури вирішення проблеми стиковки дозволить у більшості випад-

ків обґрунтовано виконувати стиковку меж суміжних ЗД у ЧКПМ, а це значить, що просторові відомості про кожен ЗД міста будуть максимально наближені до їх істинного значення.

Уведення у ЧКПМ меж суміжних ЗД, координати яких вірні, але не стикаються (накладаються) з раніше невірно визначеними межами ЗД, дасть змогу не накопичувати і, у подальшому, ліквідувати невірну інформацію у ЧКПМ.

Усі наведені вище узагальнення, пропозиції та висновки можуть бути прийняті і для стиковки меж суміжних ЗД за межами міста, в районі та області.

Автори сподіваються, що керівники усіх рівнів, від кого залежить вирішення цієї проблеми, не будуть метати «громи і блискавки» на геодезистів, щоб вони ні в якому разі не помилялись. Геодезисти виконують велику справу в спеку і холод, у грязі і на снігу. І, як вже встановлено деякими дослідженнями, на жаль, помилки будуть – бо це об'єктивна реальність. Це так як ідуть дощі: то рідко, то часто, але іноді приходять злива, що затоплює цілі райони і міста.

Ця проблема, яка накопичувалась вже багато років, не може бути вирішена одним вольовим рішенням. Для її вирішення потрібен значний час і сприятливі управлінські рішення. Сподіваємось на розуміння тих керівників, від кого залежить вирішення цієї непростой проблеми.

#### Список літератури

1. Земельний кодекс України, 2001.
2. Керівний технічний матеріал. Інвентаризація земель населених пунктів (наземні методи). – Укргеодезкартографія, 1993.
3. Рябчий В.А., Рябчий В.В. Влияние ошибок округления координат углов поворотов границ земельных участков на точность определения их площадей // Инженерна геодезія. – 2003. – Вип. № 49. – С. 193-201.
4. Войтенко С.П. Удосконалення топографо-геодезичного забезпечення та підготовки фахівців у галузі кадастру // Землевпорядний вісник. – 2002. – № 4. – С. 90-95.
5. Рябчий В.А., Рябчий В.В. Відновлення геодезичних мереж міст // Вісник геодезії та картографії. – 2003. – № 2. – С. 22-24.
6. Рябчий В.А., Рябчий В.В. Проект програми реконструкції геодезичної мережі Дніпропетровська // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 9. – С. 41-45.
7. Савчук С., Калинич І., Третяк К. Супутникова система спостережень – елемент ефективного управління земельними ресурсами // Землевпорядний вісник. – 2007. – № 1. – С. 37-43.
8. Мартин А.Г., Ібатулін Ш.І. Облік земельних ділянок у системі державного земельного кадастру – основа державного реєстру прав на нерухоме майно // Землевпорядний вісник. – 2005. – № 2. – С. 53-58.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. С.П. Войтенком 01.12.08*

В.Е. Кириченко, А.В. Романюков, А.А. Татуревич

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОУДАРА ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ В ГЛУБОКОВОДНЫХ ГИДРОПОДЪЕМАХ

Розроблено методику та програмні засоби визначення характеристик швидких нестационарних процесів при перехідних режимах в транспортному трубопроводі глибоководного ерліфта. Визначено оптимальні параметри швидкості спрацьовування запірно-регулюючої арматури при перехідних режимах в елементах глибоководних ерліфтних гідропідйомів, що є початковими даними для побудови алгоритмів керування глибоководними добувними комплексами.

Разработаны методика и программные средства определения характеристик быстрых нестационарных процессов при переходных режимах в транспортном трубопроводе глибоководного эрлифта. Определены оптимальные параметры быстродайствия запорно-регулирующей арматуры при переходных режимах в элементах глибоководных эрлифтных гидроподъемов, являющиеся исходными данными для построения алгоритмов управления глибоководными добычными комплексами.

The technique and software of definition of characteristics of fast non-stationary processes are developed at transitive modes in the transport pipeline of a deep-water airlift. Optimum parameters of regulating armature speed are defined at transitive modes in elements of deep-water airlifts, being the initial data for construction of algorithms of deep-water extraction complexes.

**Введение.** В связи с дефицитом некоторых цветных металлов, добываемых традиционным способом из континентальных месторождений, особое внимание заслуживают работы, направленные на освоение рудных месторождений Мирового океана. Решением совета национальной безопасности и обороны Украины от 16 мая 2008 года «Про заходи щодо забезпечення розвитку України як морської держави», приведенным в действие Указом Президента Украины № 463/2008 от 20 мая 2008 года, предусмотрена разработка новой «Национальной программы дослідження та використання ресурсів Азово-Чорноморського басейну, інших районів Світового океану на 2009-2034 роки». Исследования ученых, занимающихся развитием этой новой ветви горного дела, сконцентрированы на создании эффективных способов и средств добычи, транспортирования и переработки минерального сырья. В плане транспортировки добытых твердых полезных ископаемых на базовое плавсредство специалисты выделяют конкурирующие на сегодняшний день эрлифтный и насосный варианты гидроподъема. Опыт их эксплуатации в шахтных условиях показывает, что в различных нештатных (аварийных) ситуациях, а также переходных режимах, работа установок часто сопровождается быстрыми нестационарными процессами, среди которых наиболее опасным в плане целостности и работоспособности оборудования является гидроудар. Дополнительные трудности возникают при эксплуатации горного оборудования в сложных условиях больших глубин в связи с жесткими требованиями, предъявляемыми к работоспособности и живучести трубного става (ТС) гидроподъема, силовых агрегатов, запорно-регулирующей арматуры и др.

Данная статья посвящена **актуальной научной проблеме** – разработке эффективных способов и средств гидроподъема минерального сырья в составе горно-морских предприятий при освоении рудных месторождений Мирового океана.

Трубный став является несущей конструкцией для всего подводного оборудования и, ввиду больших протяженностей и массогабаритов, характеризуется опасными на разрыв продольными статическим напряжениями. При движении судна-носителя конструкция ТС со свободным ходовым концом принимает изогнутую деформированную неравновесную форму и испытывает динамические нагрузки, обусловленные волновой качкой, а также различными видами аэрогидроупругой неустойчивости со стороны окружающей морской среды (эоловы колебания, галопирование, флаттер). Кроме того, возможны потери дивергентной устойчивости ТС и возникновение параметрического резонанса вследствие взаимодействия со стационарным и пульсирующим потоком транспортируемой жидкости. Поэтому минимизация дополнительных динамических напряжений, связанных с гидроударом, является **актуальной задачей** в плане обеспечения целостности и работоспособности конструкций.

Практически во всех известных на сегодняшний день работах, посвященных методам расчета эрлифтов, рассматриваются только установившиеся рабочие режимы установок и не рассматриваются нестационарные и переходные процессы. Исключениями являются отдельные работы. В [1] приведено математическое описание процессов запуска и останова односмесительного глибоководного эрлифтного гидроподъема (ГЭГ), в котором глубина погружения смесителя, ввиду ограниченности развиваемых имеющимися компрессорами давлений, не обеспечивает эксплуатацию гидроподъема в оптимальном по энергоемкости режиме. В [2] предложен способ запуска многосмесительного эрлифта, где глубина погружения нижнего смесителя соответствует параметрам оптимального режима, однако характеризуется низкой надежностью, многочисленностью пусковых операций и большой продолжительностью.

В работах [3, 4] рассмотрены особенности создания экспериментальной АСУ в плане совместной работы машиностроителей и специалистов по системам управления и предложен блочно-иерархический подход к разработке технологии управления глубоководными добычными комплексами. На основе анализа результатов этих работ сформулированы основные требования к запуску ГЭГ в контексте требований к разрабатываемой экспериментальной АСУ, в соответствии с которыми разработан способ запуска ГЭГ непосредственно на смесителе, глубина погружения которого превосходит максимальный напор, развиваемый компрессором [5].

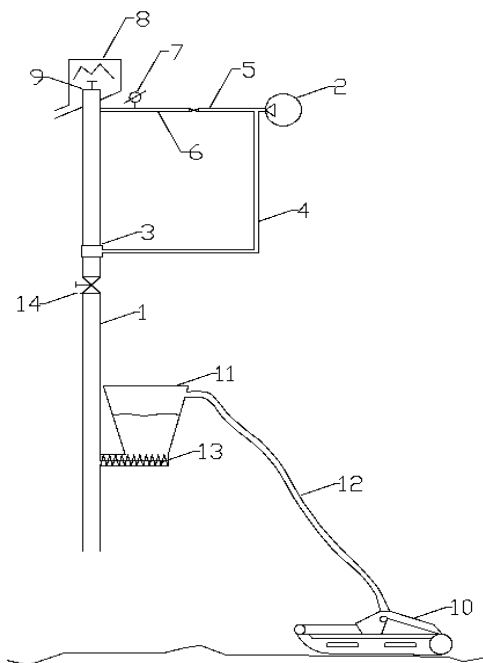


Рис. 1. Схема экспериментального ГЭГ

На рис. 1 приведено схематическое изображение экспериментального ГЭГ и оборудования донного блока. Эрлифтная установка состоит из транспортного трубопровода (ТТ) 1, компрессора (компрессорной станции) 2, смесителя 3 и воздухопровода 4. ТТ условно разделяется на две составляющие: подъемная труба (ПТ) (выше смесителя) и подводящая труба (ниже смесителя). Воздухопровод также состоит из двух участков: нагнетающего пневмопровода 4, который соединяет компрессорную станцию со смесителем и дополнительного пневмопровода 5, соединяющего компрессорную станцию с выходом ПТ. Дополнительный пневмопровод оборудован управляемой задвижкой 6 и манометром 7. В верхней части подъемной трубы находится воздухоотделитель 8 и запорное устройство 9. К рассматриваемым элементам донного блока относятся: агрегат сбора (АС) 10, осуществляющий сбор твердых полезных ископаемых (ТПИ) со дна океана, отмыв ТПИ от донных осадков и предварительное дробление; бункер-накопитель (БН) 11, предназначенный для промежуточного хранения запаса ТПИ; гибкая связь (ГС) 12, по которой ТПИ доставляется от АС к БН; шнек 13, обеспечивающий подачу твердого материала из БН в подводящую трубу; управляемая задвижка 14. За исходное состояние перед

запуском принимается следующее: АС находится в состоянии готовности и выведен на исходную позицию; компрессор – выключен; приводы шнека и насоса ГС – выключены; задвижка 9 – закрыта.

Принцип разработанного способа запуска заключается в предварительном снижении давления в смесителе путем выполнения следующих операций. При открытых задвижках 6 и 14 включается привод компрессора и осуществляется вытеснение воды из трубопроводов 1 и 4 через нижнее сечение ТТ. Перекрываются задвижки 6 и 14, и пневмопоток перенаправляется через нагнетающий пневмопровод 4 в смеситель 3. Открывается задвижка 14, что приводит к разгерметизации ТТ и снижению таким образом давления в смесителе с последующей подачей в него сжатого воздуха. Далее открывается задвижка 14 и эрлифт переходит в рабочий (установившийся) режим. На рис. 2 показан алгоритм останова описанного выше ГЭГ.



Рис. 2. Блок-схема алгоритма останова экспериментального ГЭГ

Первым действием алгоритма останова завершается работа АС (блок №1), при этом он либо начина-

ет перемещение на стартовую позицию следующей заходки, либо остается на текущей позиции траектории сбора. Далее контролируется наступление события полной разгрузки ГС от твердого материала (блок №2) при помощи оптических либо радиационно-плотностных измерительных средств, после чего подается команда на выключение привода насоса ГС (блок №3). Затем системой контролируется процесс освобождения БН от ТПИ (блок №4), аналогичным образом, по окончании которого выключается привод шнека (блок №5). Следующим шагом проверяется необходимость выполнения подготовки к упрощенной процедуре запуска (ПУПЗ) ГЭГ (блок №6). Данная процедура может быть реализована если по окончании процесса останова ПТ будет не полностью заполнена морской водой, что даст возможность осуществления последующего ускоренного (упрощенного) запуска ГЭГ на глубокорасположенном смесителе без предварительной процедуры вытеснения воды из ПТ [5]. Если необходимость в ПУПЗ отсутствует, то выполняются операции по контролю подъема последней порции ТПИ к смесителю (блок №12), а затем и к выходу из ПТ (блок №13), после чего выключается компрессор (блок №11). Если же потребность в ПУПЗ существует, то помимо процедур контроля подъема ТПИ к смесителю (блок №8) и к выходу из ПТ (блок №9) выполняются два дополнительных действия. Вывод компрессора на режим максимальной производительности (блок №7) необходим для того, чтобы после закрытия задвижки 14 (блок №10) уровень воды в ПТ максимально понизился после выключения компрессора (блок №11).

Из вышесказанного следует, что максимальное снижение уровня морской воды в ПТ после отключения компрессора соответствует минимальному времени закрытия задвижки 14. С другой стороны, быстрое срабатывание задвижки приводит к гидроудару.

**Цель статьи** состоит в проверке достоверности разработанной методики определения параметров гидроудара в однородной жидкости и установлении оптимального времени срабатывания запорно-регулирующей арматуры, минимизирующего негативные последствия гидроудара в предлагаемом способе запуска-останова ГЭГ.

Для получения конкретных значений динамических параметров течения при заданных начальных и граничных условиях используются различные методы расчета.

Уравнения гидромеханики, описывающие одномерное нестационарное движение вязкой жидкости, являются квазилинейными уравнениями гиперболического типа, для которых предложено много способов решения.

Продолжением теоретических и экспериментальных работ первооткрывателя теории гидравлического удара Н.Е. Жуковского [6] стали использующие метод Даламбера исследования Мосткова [7]. Решение уравнений в частных производных по методу Даламбера сводится к ряду алгебраических операций над функциями, которые определяют характер возму-

щающих воздействий. Этот метод удобен для расчета коротких трубопроводов, в случае же сложных гидравлических систем возникает необходимость одновременного слежения за многочисленными отражениями волн, а это, в свою очередь, приводит к слишком громоздким соотношениям.

Графический метод расчета [8] обладает похожими недостатками.

Методы интегральных преобразований (метод контурных преобразований, операционный метод, преобразования Фурье) дают более широкие возможности для расчета параметров неустановившихся процессов [9], однако значительное количество задач, связанных с переходными процессами в напорных гидравлических системах, не поддается аналитическому решению.

Для исследования нестационарных режимов используются также аналоговые методы: моделирование передаточной функции, импедансный метод, метод электрической аналогии [10]. Основными недостатком аналоговых методов (не считая виртуального) является ограниченность класса решаемых задач, сложность перестройки моделей для новых условий.

Численные методы решения уравнений нестационарного движения жидкости (прямые разностные схемы, метод прогонки и метод характеристик) позволяют, в отличие от аналитических, получать решения без упрощения исходных уравнений (линеаризации), задаваясь при этом граничными условиями, которые присущи сложным гидравлическим системам [9, 11]. Численные расчеты, будучи реализованы в виде программы для ЭВМ, являются весьма гибким инструментом для решения задач нестационарного течения и при этом в рамках рассматриваемой математической модели (квазилинейных гиперболических уравнений) практически не накладывают ограничений на сложность как самих уравнений, так и крайних условий для них.

Для построения математической модели работы гидротранспортной системы в нестационарных режимах с учетом специфики эксплуатации ГЭГ, на наш взгляд, наиболее подходящим является численный метод характеристик. Это связано с тем, что данный метод позволяет достаточно точно описывать процессы в гидравлических системах со значительным количеством запорно-регулирующей арматуры различного типа, а также возможностью относительно простой реализации многовариантных расчетов по различным функциям цели.

Запишем дифференциальные уравнения движения реальной жидкости

$$\begin{cases} \frac{\partial h}{\partial t} + V \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{c^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} = 0; \\ \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{(\lambda + \zeta_1)V|V|}{2gd} + g \sin \alpha = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где  $h$  – потенциальный напор;  $V$  – скорость жидкости, м/с;  $x$  – координата вдоль трубопровода, м;  $t$  –

время, с;  $c$  – скорость распространения волны возмущения, м/с;  $\lambda$  – безразмерный коэффициент трения;  $\zeta_i$  – безразмерный коэффициент местных сопротивлений;  $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;  $d$  – диаметр трубопровода круглого сечения, м;  $\alpha$  – угол наклона.

**Применение численного метода характеристик для решения поставленной задачи.** В работе [9] показано, что решение системы уравнений (1) эквивалентно интегрированию следующих обыкновенных дифференциальных уравнений вдоль соответствующих семейств характеристик:

$$\frac{g}{c} \frac{dh}{dt} + \frac{dV}{dt} + \frac{(\lambda + \zeta_i)}{2} \frac{V|V|}{d} = 0; \quad (2)$$

вдоль семейства характеристик

$$dx = (V + c)dt; \quad (3)$$

$$-\frac{g}{c} \frac{dh}{dt} + \frac{dV}{dt} + \frac{\lambda + \zeta_i}{2} \frac{V|V|}{d} = 0; \quad (4)$$

вдоль семейства характеристик

$$dx = (V - c)dt. \quad (5)$$

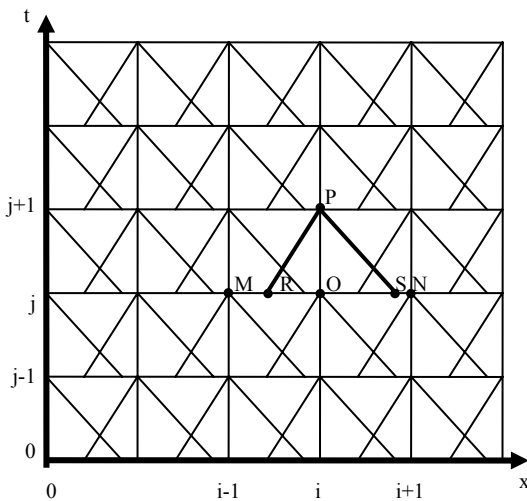


Рис. 3. Схема расчетной сетки

Для численного интегрирования системы (2)-(5) используется прямоугольная сетка в пространстве  $(x, t)$ , густота разбиения которой определяется шагом интегрирования по времени (рис. 3).

В результате представления дифференциальных уравнений (2)-(5) в конечных разностях, получим две системы алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} x_p - x_r = (V'_x + c)\Delta t, \\ \frac{g}{c}(h_p - h_r) + V_p - V_r + \frac{(\lambda_r + \zeta_r)V_r|V_r|\Delta t}{2d} = 0, \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} x_p - x_s = (V''_x - c)\Delta t, \\ -\frac{g}{c}(h_p - h_s) + V_p - V_s + \frac{(\lambda_s + \zeta_s)V_s|V_s|\Delta t}{2d} = 0, \end{cases} \quad (7)$$

совместное решение которых определяет  $x_R, x_S, h_P$  и  $V_P$ , т.е. параметры потока в точке  $P$ .

Значения  $V'_x$  и  $V''_x$  первоначально принимаются равными значению скорости в точке  $O$ , но поскольку положения точек  $R$  и  $S$  зависят от этих величин, то наклоны характеристик пересчитываются по скорректированным значениям  $V'_x = (V_R + V_P)/2$  и  $V''_x = (V_S + V_P)/2$  до тех пор, пока два последовательно полученных значения  $V'_x$  и  $V''_x$  достаточно мало будут отличаться друг от друга.

Для решения системы уравнений (6)-(7) также необходимо задаться соответствующими начальными и граничными условиями.

**Проверка адекватности предложенной математической модели движения жидкости и расчетного метода.** Для расчетов по приведенной выше схеме была разработана программа, интерфейс которой позволяет задавать параметры трубопровода, начальные и граничные условия, закон изменения скорости потока в точке перекрытия трубопровода (время перекрытия задвижки) и получать результаты в графическом виде, а также в виде таблиц численных значений (рис. 4). Программа также позволяет работать с графическими результатами экспериментов, получеными другими авторами, оцифровывая их и сравнивая с полученными при тех же условиях расчетами.

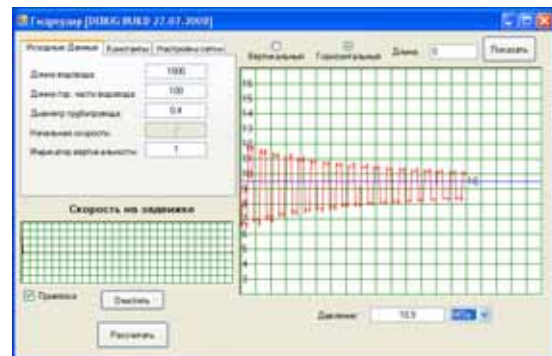


Рис. 4. Интерфейс разработанного программного обеспечения

Для подтверждения правильности функционирования разработанного программного обеспечения были проведены численные расчеты в условиях, совпадающих с условиями, проведенных другими авторами экспериментов [12]. Однако в ходе анализа имеющихся в открытой печати результатов экспериментов авторам не удалось найти экспериментальных работ, объектом исследования которых был бы гидродинамический удар в системе вертикальных трубопроводов достаточной протяженности. Поэтому сравнение проводилось для горизонтальных трубопроводов.



Кроме того, каждый из численных экспериментов дублировался авторами на электрической модели исследуемой системы, составленной при помощи программы Multisim по ранее разработанной методике электрического моделирования [10]. Основное отличие этой методики от существующих аналоговых электрических моделей состоит в том, что электрическая схема-аналог моделируемой

гидравлической системы составляется виртуально при помощи специальной программы-симулятора. Методика позволяет в короткие сроки оценивать основные параметры гидродинамических процессов и наблюдать за их течением в реальном времени, однако, в силу ограниченности набора структурных элементов, не дает возможности моделирования не прямых гидравлических ударов.

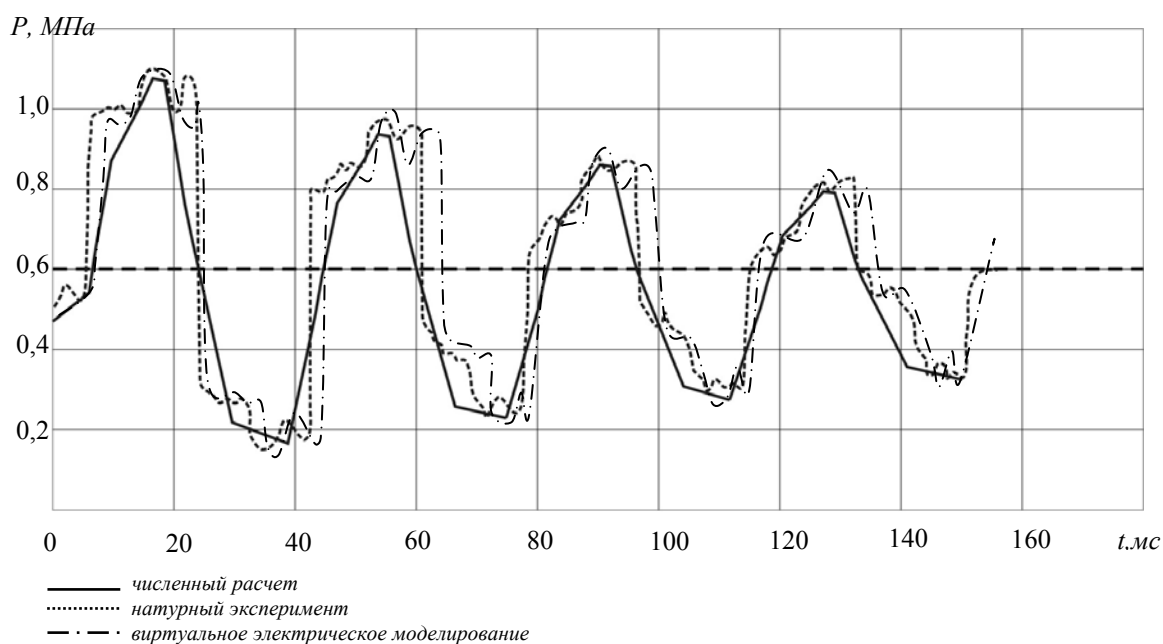


Рис. 5. Сравнение результатов численного расчета с экспериментальными данными ( $L = 12,20$  м)

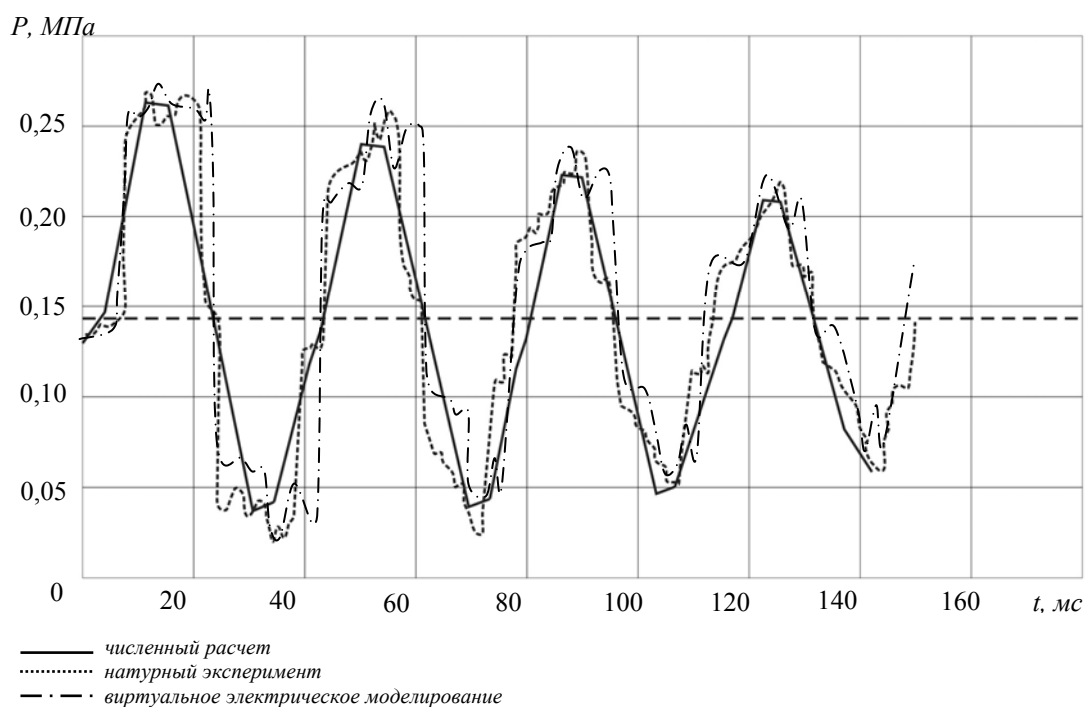


Рис. 6. Сравнение результатов численного расчета с экспериментальными данными ( $L = 9,14$  м)

На рис. 5 изображена картина гидравлического удара для горизонтальной системы трубопроводов, описанной в [12]. Длина трубопровода  $L = 12,20$  м, скорость движения жидкости  $V_{жс} = 0,4$  м/с, внутренний диаметр трубопровода  $d_{ин} = 245$  мм, время закрытия задвижки  $\tau_z$  мало по сравнению с фазой удара, что позволяет считать, что исследуемый гидроудар – прямой.

Величина изменения давления фиксируется осциллографом, подсоединенным к датчику давления, который находится в непосредственной близости от задвижки.

На рис. 6 показана аналогичная зависимость с той лишь разницей, что длина трубопровода  $L = 9,14$  м.

Как видно из рис. 5 и 6, пики давления расчетной кривой довольно точно совпадают по времени с экспериментальной. Форма колебаний расчетной кривой несколько иная, однако максимальное отклонение расчетных значений давления по методу характеристик от экспериментальных составило 14-16% (для первых четырех периодов). Аналогичное отношение результатов с использованием программы Multisim составило 18-20%. Следует отметить, что колебания в расчетной зависимости затухают несколько медленнее, нежели в экспериментальной, и это расхождение становится заметным начиная с 10-12 периода. Однако очевидно, что наибольшую опасность при гидроударе представляют собой именно первые несколько пиков давления, расчетная картина которых максимально близка к реальной.

Стоит также отметить хорошее совпадение полученных численно значений первых (максимальных) бросков давления с результатами проверочных расчетов по формуле Жуковского [6].

Основываясь на вышесказанном, можно сделать вывод, что разработанная авторами вычислительная платформа с достаточной для технических расчетов степенью точностью отображает реальную картину гидравлического удара, что позволяет перейти к решению задачи оптимизации времени закрытия задвижки 14.

**Оптимизация времени срабатывания задвижки.** Объектом исследования является экспериментальный базовый ГЭГ для подъема 100000 т/год сухого сырья с глубины 6000 м, рациональные геометрические, расходные и энергетические параметры которого приведены в [14]. Следует отметить, что чем выше расположена задвижка 14, тем проще выполнить ее обслуживание, поэтому наиболее выгодно будет расположить задвижку 14 как можно ближе к смесителю ГЭГ. Поскольку исследуемой ГЭГ находится на отметке 2300 м [14], то задвижку 14 расположим несколько глубже.

Фаза гидравлического удара, возникающего в системе при перекрытии задвижки 14 будет равна  $T = \frac{2l_z}{c} = 3,71$  с. Таким образом, самый опасный, прямой удар, будет происходить при перекрытии задвижки за время  $\tau_z < 3,71$  с.

На рис. 7-9 показаны зависимости давления от времени при мгновенном перекрытии задвижки ( $\tau_z = 0,01$  с), а также при  $\tau_z = 4$  с, что несколько больше фазы удара, и  $\tau_z = 30$  с, что является граничным временем, превышение которого связано с риском срыва ПУПЗ. Рис. 7-9 построены для скоростей движения 2, 3 и 4 м/с соответственно.

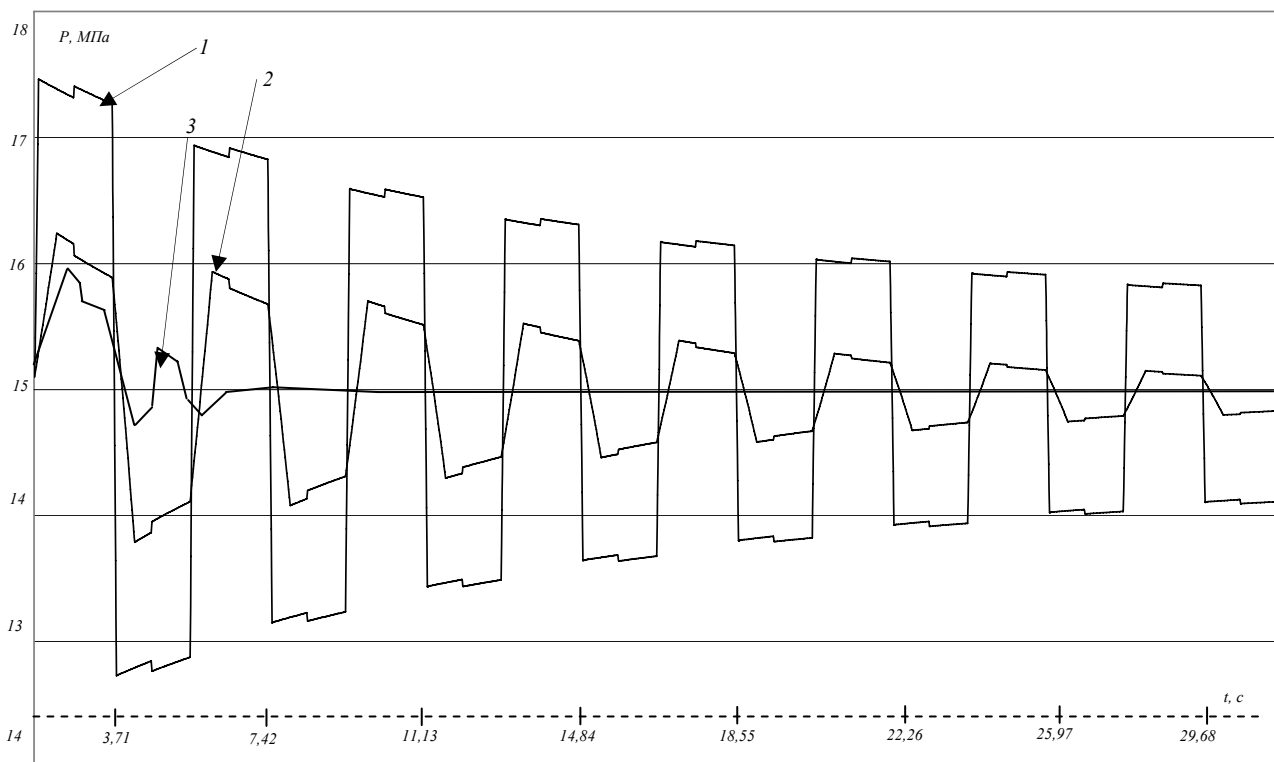


Рис. 7. Зависимости амплитуд колебаний давления от времени при скорости движения жидкости 2 м/с и разном времени перекрытия задвижки  $\tau_z$ : 1 –  $\tau_z = 0,01$  с; 2 –  $\tau_z = 4$  с; 3 –  $\tau_z = 30$  с

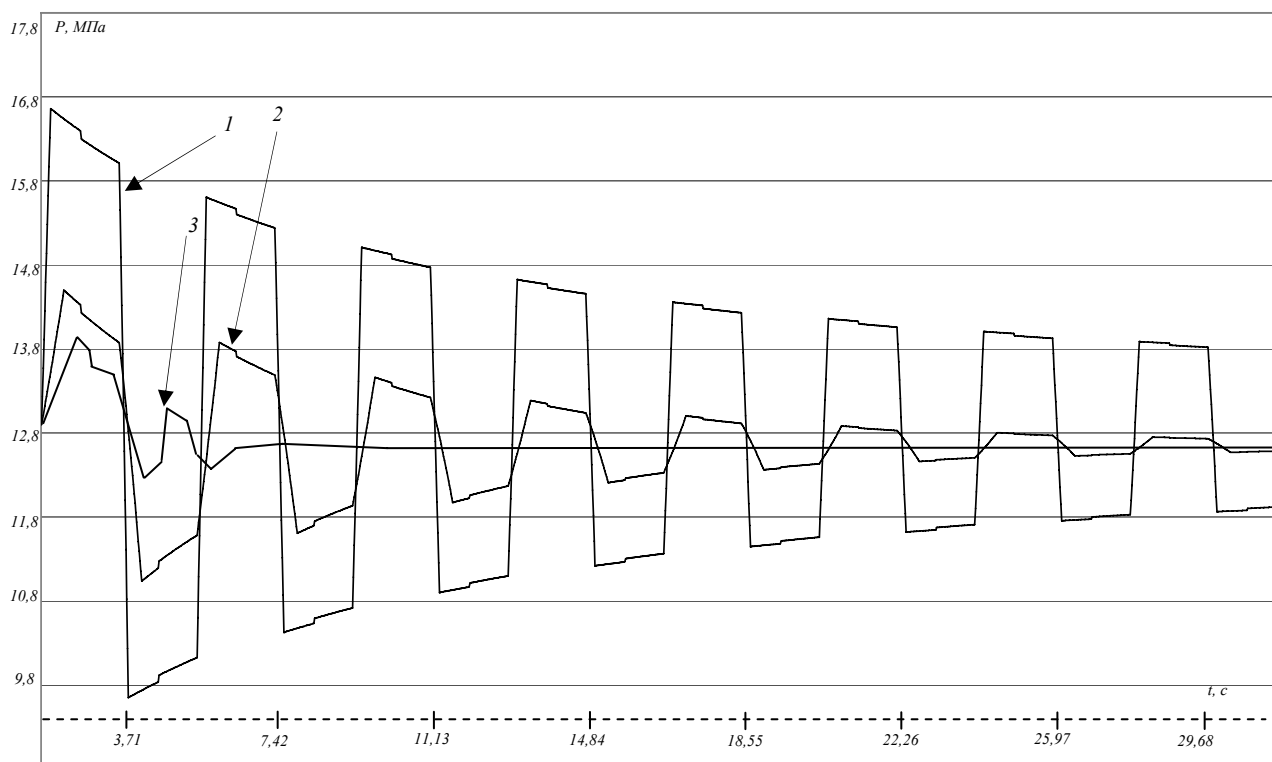


Рис. 8. Зависимости амплитуд колебаний давления от времени при скорости движения жидкости 3 м/с и разном времени перекрытия задвижки  $\tau_3$ : 1 -  $\tau_3 = 0,01$  с; 2 -  $\tau_3 = 4$  с; 3 -  $\tau_3 = 30$  с

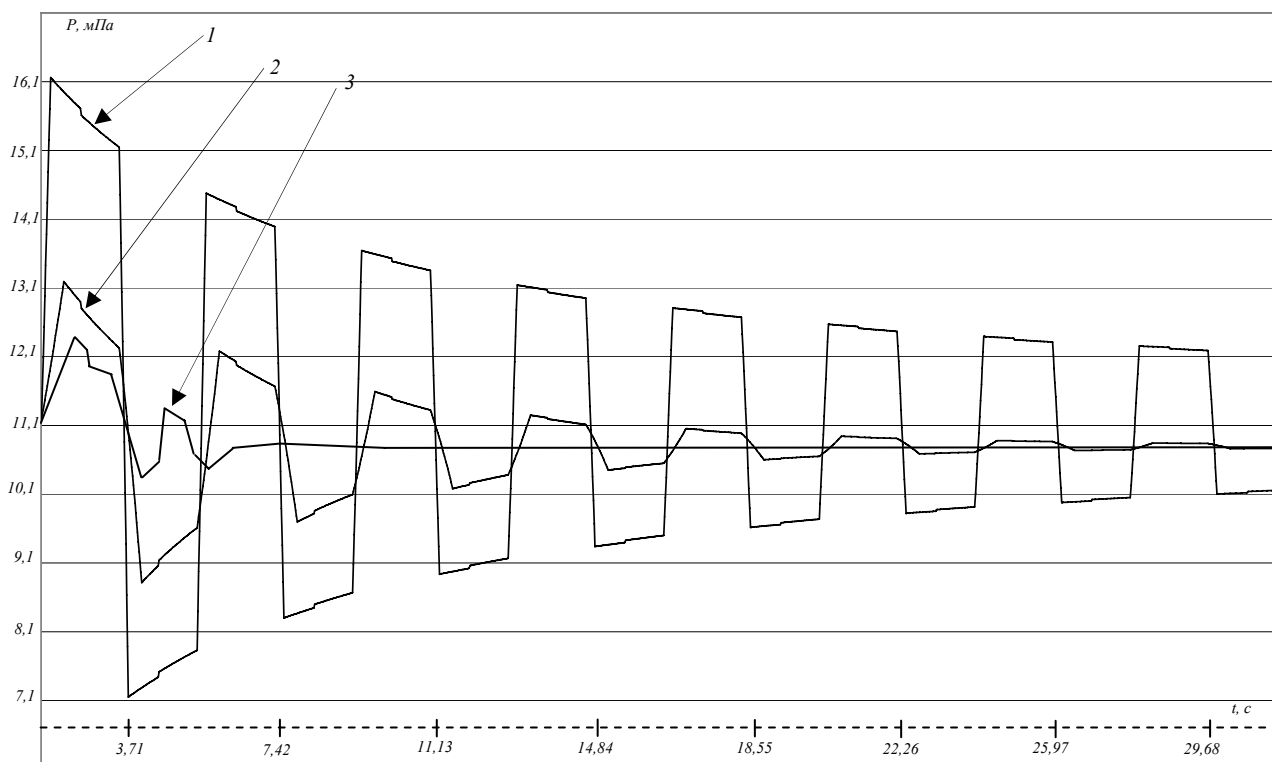


Рис. 9. Зависимости амплитуд колебаний давления от времени при скорости движения жидкости 4 м/с и разном времени перекрытия задвижки  $\tau_3$ : 1 -  $\tau_3 = 0,01$  с; 2 -  $\tau_3 = 4$  с; 3 -  $\tau_3 = 30$  с

Для достижения поставленной цели были выполнены систематические численные эксперименты (в широком диапазоне изменения исходных данных) при варьи-

ровании следующих величин: скорость движения жидкости и время срабатывания регулирующей задвижки, которые выборочно приведены на рис. 7-9.

Анализируя полученные результаты (рис. 7), можно утверждать, что максимальная амплитуда колебаний давления наблюдалась для случая прямого гидроудара (кривая 1 на рис. 7) и составила 2,363 МПа, что является весьма нежелательным в плане упомянутых выше причин. Наименьший прирост давления соответствует наибольшему времени закрытия задвижки  $\tau_z = 30$  с и составляет 0,85 МПа, что не представляет опасности. Наименьшим временем перекрытия задвижки, которое авторы рекомендовали бы брать за эталонное, является время, близкое к фазе гидроудара. При  $\tau_z = 4$  с удар уже не является прямым и первый, самый опасный пик давления несколько сглаживается, а бросок давления в 1,14 МПа не создает проблем в плане негативных последствий гидравлического удара. При таком перекрытии обеспечивается максимальная эффективность запуска ГЭГ по изложенной выше методике, а риск повреждения системы минимален благодаря уходу от прямого гидроудара.

Анализ результатов выполненных исследований с учетом требований, предъявляемых к параметрам переходных режимов в плане разработки алгоритмов управления [3], позволил сформулировать следующий **научный результат**: на базе разработанной методики определено оптимальное время срабатывания регулирующей задвижки в подводящей трубе ГЭГ, обеспечивающее высокую эффективность предлагаемого способа его останова и гарантированное исключение негативных последствий гидроудара.

Дальнейшим этапом исследований является разработка методического обеспечения моделирования нестационарных многофазных течений в проточных частях ГЭГ при анализе эксплуатационных режимов установок.

### Выводы

Разработаны методика и средства ее программно-алгоритмического обеспечения для определения параметров гидроудара в однородной жидкости в разработанном способе останова ГЭГ, учитывающие нелинейные эффекты и являющиеся отправным пунктом для исследования быстрых нестационарных процессов в элементах гидроподъемов, транспортирующих многокомпонентные гетерогенные смеси.

Разработаны рекомендации по определению оптимальных параметров быстрого действия запорно-регулирующей арматуры, обеспечивающие эффективный запуск-останов ГЭГ в предложенном способе работы гидроподъема при оптимальном заглублении смесителя и минимизирующие негативные последствия гидроудара.

### Список литературы

1. Кириченко Е.А. Численное моделирование переходных процессов в глубоководном эрлифте // Гірнича електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 1998. – Вип. 1. – С. 116-124.

2. Скорынин Н.И. Исследование и разработка глубоководных многосмесительных эрлифтных установок для подъема горных масс: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Донецк, 1984. – 19 с.
3. Кириченко Е.А., Самуся В.И., Кириченко В.Е. Особенности разработки экспериментальной автоматизированной системы управления морскими горными добычными комплексами // Зб. наук. праць / НГУ – 2008. – Вип. 30. – С. 112-120.
4. Блочно-иерархический подход к разработке технологии управления глубоководными добычными комплексами / Кириченко Е.А., Самуся В.И., Кириченко В.Е. // Гірн. електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2008. – Вип. 1(80). – С. 101-109.
5. Пат. 84333 України, E21B43/00, F04F1/20. Спосіб запуску і зупинки морського ерліфта та система для його здійснення / Півняк Г.Г., Кириченко Є.О., Євтеєв В.В., Шворак В.Г., Кириченко В.Є. – Опубл. 10.10.2008, Бюл. № 19.
6. Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. – М.-Л.: Гостехиздат, 1949.
7. Мостков М.А., Башкиров А.А. Расчеты гидравлического удара. – М.: Агропромиздат, 1986. – 135 с.
8. Бержерон Л. От гидравлического удара в трубах до разряда в электрической сети. – М.: Машгиз, 1962. – 206 с.
9. Картвелишвили Н.А. Динамика напорных трубопроводов. – М.: Энергия, 1979. – 224 с.
10. Кириченко Е.А., Трояновская Ю.М., Романюков А.В. К вопросу о перспективах метода электрического моделирования нестационарных процессов в шахтных трубопроводах // Науковий вісник НГУ. – 2006. – № 1. – С. 54-60.
11. Фокс Д.А. Гидравлический анализ неустановившегося течения в трубах. – М.: Энергоиздат, 1981. – 198 с.
12. Контрактор Д.Н. Отражение волн давления при гидравлическом ударе от местных сопротивлений // ASME – 1967. – ser. D. – № 2. – С. 212-220.
13. Исследование параметров гидроудара в рамках виртуальной электрической модели / Кириченко Е.А., Гоман О.Г., Корсун Ф.А., Романюков А.В. // Науковий вісник НГУ. – 2006. – № 6. – С. 67-74
14. Кириченко Е.А. Выбор и обоснование рациональных параметров глубоководной эрлифтной установки с учетом влияния питающей пневмосистемы: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06. – Д., 1989. – 172 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Самусею 05.11.08*

УДК 629.113

Ю.А. Монастирський

## АНАЛІЗ ДОСВІДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПЕРШОЇ ПАРТІЇ КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ БЕЛАЗ-75131 В УМОВАХ ВАТ «ИНГУЛЕЦЬКИЙ ГЗК»

Наведено результати аналізу показників роботи перших українських кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131 в умовах Ингулецького кар'єру.

Приведены результаты анализа показателей работы первых украинских карьерных самосвалов БелАЗ-75131 в условиях Ингулецкого карьера.

The results of the analysis of parameters of work first Ukrainian dump tracks BelAZ-75131 in conditions Ingulets career are given.

**Вступ.** Кар'єрні самоскиди БелАЗ-75131 першими в Україні були придбані ВАТ «Ингулецький ГЗК» (ВАТ «ИнГЗК») у 2004 році. Перша партія складалась з двох машин, кожна вартістю 4,24 млн. грн. Протягом травня-червня 2004 року перша машина була зібрана в умовах цеху технологічного автотранспорту (ЦТА) та презентована для українських користувачів кар'єрних самоскидів.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Нове покоління кар'єрних самоскидів вантажопідйомністю 130 т серії БЕЛАЗ-7513 стало випускатися республіканським унітарним виробничим підприємством «Білоруський автомобільний завод» замість самоскидів вантажопідйомністю 120 т (серії БелАЗ-7512 та БелАЗ-7514). У порівнянні з попередніми серіями машина являє собою суттєвий крок у розвитку великовантажного машинобудування. В машині застосована нова електромеханічна трансмісія змінно-постійного струму, встановлено більш надійний і економічний двигун КТА-50С фірми Cummins, дискові гальма з гідроприводом, кабіна з елементами системи ROPS, значно підвищена ефективність системи електродинамічного гальмування. В електроприводі БелАЗ-7513 впроваджені електронні блоки, що дозволяють ефективно керувати самоскидом, спрощують виявлення несправності електроприводу та їх усунення. Винесення назовні робочих гальмівних механізмів забезпечило зручність замін і обслуговування деталей гальмівних систем, як робочої, так і стоянкової. Із застосуванням систем автоматичного мащення Lincoln значно підвищена надійність ходової частини і кермового керування та скорочений час і трудомісткість виконання планових технічних обслуговувань. За відгуками про роботу машин в умовах російських підприємств [1, 2] можна було б очікувати значне підвищення ефективності та продуктивності роботи кар'єрного автотранспорту.

**Постановка завдання.** Враховуючи те, що кар'єрні самоскиди БелАЗ-7513 стають основним транспортним засобом на залізрудних кар'єрах України для прогнозування розвитку, планування та оперативної роботи кар'єрів Кривбасу необхідно знати показники, що були досягнуті саме в умовах

роботи одного з криворізьких залізрудних кар'єрів.

**Викладення матеріалу та результатів.** По перших двох машинах, придбаних ВАТ «ИнГЗК», була зроблена вибірка та порівняння з показниками роботи парку й останньої партії з двох 120-тонних машин. Всього на березень 2008 року в парку ЦТА ВАТ «ИнГЗК» працюють 16 кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131 та 24 БелАЗ-7512 (БелАЗ-7514). Порівняння виконувалося на основі статистичних даних ЦТА та даних системи контролю завантаження, контролю витрати палива, діагностики СКЗ – 02.01.

Всього було проаналізовано 17048 їздок за 13 днів роботи у 2 зміни по 12 годин, у тому числі по машині № 170 (вантажопідйомністю 130 т) – 454 їздки, по машині № 270 (130 т) – 419 їздок, по машині № 113 (120 т) – 356 їздок, по машині № 221 (120 т) – 459 їздок.

Порівняння середніх пробігів машин (табл. 1) за час експлуатації показує, що 120-тонні машини мають перевагу до 8% над 130-тонними.

Середньорічний пробіг 130-тонних машин дещо нижчий за базовий по ЦТА, це обумовлюється роботою машин у нижній та середній частинах кар'єру на трасах з невеликою відстанню транспортування найбільш важкого кар'єрного вантажу – руди.

Загалом по парку кар'єрний самоскид перевозить 126,6 т на відстань 2,33 км з висотою транспортування у 70,9 м, при цьому за даними системи контролю завантаження та контролю витрати палива витрачає близько 20 л палива, що становить близько 80 г/ткм. Ці дані є базовими для порівняння.

Аналіз даних за 851 (17048 їздок) зміну роботи парку ЦТА (табл. 2), у тому числі по 19-23 зміни (360-450 їздок) підконтрольних машин показав, що загалом кар'єрні самоскиди БелАЗ-75131 першої партії мають кращі парку загалом показники. Середньозмінний пробіг по 130-тонних машинах вище по парку від 2 до 10 т, у середньому на 6%, при цьому машина № 270 показала кращий результат на 10% вищий по парку.

Робота машини № 170 на руді з постійним високим завантаженням означила найбільшу по парку на 12,3% середньозмінну масу перевезеного вантажу. Інші підконтрольні машини перевезли майже однакову кількість вантажу меншу за парк на

3-4%. Середня завантаженість кар'єрних самоскидів вантажопідйомністю 130 т склала 131,6 т, що близька до завантаженості згідно рекомендацій РУВП «БелАЗ». 120-тонні машини їздять з незначним перевантаженням у 3-4%.

Таблиця 1

Середні пробіги машин з початку експлуатації

Машина №	Пробіг на 01.03.08	Кількість відпрацьованих місяців	Середньомісячний пробіг, км	Середньодобовий пробіг, км	Середньорічний пробіг, км
170	242191	45	5382	179,40	64584
270	233815	44	5314	177,13	63768
113	299400	52	5758	191,92	69092
221	290981	53	5490	183,01	65882

Таблиця 2

Середньозмінні показники роботи машин

Машина	Загальний пробіг, км	Пробіг з вантажем, км	Маса вантажу за зміну, т	Середня висота транспортування, м	Транспортна робота, т·км	Питома витрата палива, г/т·км
Парк в цілому	106,1	46,6	2539	85,9	5876,4	94,5
170	108,3	49,0	2853	85,6	6477,0	97,7
270	116,5	50,8	2468	102,5	6551,9	98,0
113	97,2	42,1	2311	82,0	5200,2	91,7
221	122,8	54,2	2479	93,2	6778,5	82,3

Аналіз виконаної за зміну транспортної роботи машин показав, що загалом 120-тонні машини за зміну виконували транспортної роботи на рівні парку, а 130-тонні машини – на 10% більше. Абсолютну перевагу (майже на 15%) по даному показнику має машина № 170. Порівняння виконаної транспортної роботи на одну автотонну показало аналогічний характер розподілу, але рівень показників по 130-тонних машинах трохи знизився, а по 120-тонним підвищився.

Відносна транспортна робота по 130-тонних машинах вище за парк на 4,7%, а вантажопідйомність – на 4,8%, таким чином 130-тонні машини забезпечують продуктивність на одну облікову автотонну таку саму, як і 120-тонні. У протилежність 120-тонні машини показали кращу продуктивність по парку, це може бути пояснено тим, що персонал добре знайомий з особливостями експлуатації цих машин у порівнянні з 130-тонними.

Порівняння машин по питомих витратах палива є на сьогоднішній день актуальним питанням при розв'язанні загальнодержавної проблеми підвищення ефективності використання енергоносіїв, особливо паливних матеріалів на автомобільному транспорті. Порівняння питомих витрат палива за зміну показало, що вони змінюються від 55,4 до 203,3, при середньому значенні у 94,5 г/ткм.

**Висновки**

У результаті досліджень роботи першої партії кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131 в умовах кар'єру ВАТ «Інгулецький ГЗК» встановлено: загалом

120-тонні машини за зміну виконували транспортні роботи на рівні парку, а 130-тонні машини – на 10% більше; відносна транспортна робота 130-тонних машин вище по парку на 4,7%, а вантажопідйомність – на 4,8%, таким чином, 130-тонні машини забезпечують продуктивність на одну облікову автотонну таку саму, як і 120-тонні; на довгих трасах (до 4,5 км) 130-тонні машини на 10-15% більш економічні за 120-тонні, подальше збільшення довжини траси та уклону призводить до зрівняння показників роботи машин різної вантажопідйомності; порівняння 130-та 120-тонних машин на трасах з середніми умовами транспортування гірської маси у кар'єрі показує перевагу 120-тонних машин по витратах палива та перевагу 130-тонних по продуктивності. Встановлені показники роботи 130-тонних машин використовуються для планування роботи ЦТА та кар'єру ВАТ «ІнГЗК».

**Список літератури**

1. Бондарев И.Ф. 130-тонные самосвалы БелАЗ в карьерах России // Горная промышленность. – 2002. – № 6. – С. 18.
2. Смоляков В.И. Большегрузные самосвалы БелАЗ в ОАО ХК «Кузбассразрезуголь» // Горная промышленность. – 2002. – № 6. – С. 45.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. С.Є. Блохіним 04.11.08*

УДК 622.411.5:539.215

В.В. Евтеев, Е.А. Кириченко

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПОТОКА ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ В ЭРЛИФТНОМ ГИДРОПОДЪЕМЕ

Експериментально досліджено закономірності руху твердих частинок в потоці водоповітряної суміші при снарядній структурі течії. Вивчено механізм транспортування твердих частинок газорідним потоком, що піднімається.

Экспериментально исследованы закономерности движения твердых частиц в потоке водовоздушной смеси при снарядной структуре течения. Изучен механизм транспортирования твердых частиц поднимающимся газожидкостным потоком.

The laws of motion of solid particles in the air-water mixture stream with the shell flow structure are experimentally investigated. The transport mechanism of solid particles in an ascending gas-liquid flow is studied.

**Актуальность вопроса.** Ввиду глобального роста численности населения на планете потребность в полезных ископаемых, как основы производства материальных благ, будет возрастать независимо от изменений конъюнктуры рынка и в XXI веке. Современный этап развития экономики Украины базируется на добыче полезных ископаемых традиционными способами, что приводит к стремительному сокращению запасов, сформированных в условиях континентов месторождений. В то же время в глубинах Мирового океана сосредоточены значительные залежи рудных полезных ископаемых. Таким образом, в горнодобывающей отрасли приближается период глобальной промышленной разработки подводных месторождений в условиях Мирового океана.

Ряд правительственных постановлений относят расширение сырьевой базы Украины к одной из важнейших задач отечественной экономики. Решение Совета национальной безопасности и обороны Украины от 16 мая 2008 года «Про заходи щодо забезпечення розвитку України як морської держави», введеним в действие указом Президента Украины № 463/2008 от 20 мая 2008 года, предусматривает разработку новой «Национальной программы досліджень і використання ресурсів Азово-Чорноморського басейну, інших районів Світового океану на 2009-2034 роки». Согласно документам Международного органа ООН по морскому дну и Международного трибунала по морскому праву основные геологические исследования подводных месторождений Мирового океана должны завершиться в период с 2010 по 2012 гг. Следующий этап связан с экспериментальной добычей полиметаллических конкреций, поэтому на первый план выходят задачи по созданию высокоэффективных способов и средств освоения глубоководных месторождений полезных ископаемых. При этом сосредоточенные в глубинах Мирового океана значительные залежи сульфидов, кобальто-марганцевых корок и полиметаллических конкреций также представляют коммерческий интерес в плане долгосрочного обеспечения сырьем промышленного производства никеля, вольфрама, кобальта, меди и др. цветных металлов.

На сегодняшний день гидравлические системы подъема добываемой горной массы являются наиболее приемлемыми с точки зрения технической реализации при создании морских добычных комплексов. При этом с увеличением глубины ведения добычных работ энергоёмкость звена транспортирования добытых полезных ископаемых в технологической цепи подводной разработки значительно увеличивается. Расположение основного электромеханического оборудования вне зоны действия высоких гидростатических давлений, а также простота конструкции подводной части обеспечивают эффективное техническое обслуживание и высокую надежность в эксплуатации эрлифтных гидроподъемов. Это позволяет считать обладающие высокой энергоёмкостью эрлифтные установки наиболее перспективным вариантом реализации гидравлической системы подъема. Глубоководные эрлифтные гидроподъемы (ГЭГ) имеют аналоги в разных отраслях промышленности, где их используют в качестве средств гидродобычи на гидрощахтах, при механизированной очистке водосборников и др., поэтому полученные результаты представляют интерес и для шахтных эрлифтных установок. Исходя из вышеизложенного и принимая во внимание высокий уровень энергоёмкости эрлифтных установок, следует, что определение рациональных параметров эрлифтов на стадии их проектирования позволит повысить эффективность гидроподъема. Данная статья посвящена актуальной проблеме – определению рациональных параметров эрлифтных гидроподъемов, входящих в состав горно-морских предприятий, обеспечивающих снижение энергоёмкости технологических процессов.

**Постановка задачи.** Применение эрлифтов в различных сферах народного хозяйства для решения разных задач определяет варьирование конструктивных параметров установок в широких диапазонах, что в значительной степени отражается на механизмах протекания рабочих процессов в эрлифте. Это объясняет разнообразие большого количества методов расчета эрлифтных установок. Применительно к расчету параметров эрлифтов следует отнести осно-

ванные на использовании безразмерных расходных характеристик эмпирические методы [1, 2], а также методы, содержащие различной сложности уравнения гидродинамики гетерогенных смесей [3-9]. Все перечисленные методы либо вообще не учитывают наличие одновременно существующих различных структур течения (пузырьковой, снарядной, кольцевой, дисперсной) в подъемной трубе, либо рассматривают их в рамках непрерывных двухфазных моделей без учета динамики твердых частиц, что существенно влияет на расходные и энергетические параметры установок [10]. Существуют работы, в которых применительно к эрлифтному гидроподъему рассматривается кинематика вертикального движения твердых частиц, транспортируемых водовоздушным потоком, без учета расширения воздуха, изменения скорости смеси и других существенных факторов [11, 12]. При этом транспортирование твердых частиц водовоздушной смесью при снарядной структуре течения (ССТ) во многом определяется кинематикой самого двухфазного потока ввиду морфологических особенностей течения [10]. Известные методики [3-9, 11, 12] не предусматривают прогнозирование возможной забутки проточных частей эрлифтных установок при транспортировании крупных тяжелых частиц. В наиболее полной постановке для исследования процесса транспортирования твердых частиц при ССТ разработан численно-аналитический метод расчета глубоководных эрлифтов [13]. При изучении механизма снарядной структуры вертикального двухкомпонентного потока, осуществленного при проверке адекватности численно-аналитического метода расчета параметров снарядной структуры [13] экспериментальным данным, впервые предложена теория «неплотного поршня» [14], отображающая физическую трактовку исследуемого процесса. С использованием численно-аналитического метода также были установлены закономерности влияния динамики крупных твердых частиц на расходные и энергетические параметры глубоководных эрлифтных гидроподъемов. Это дало возможность обосновать необходимость увеличения подачи сжатого воздуха в смеситель подъемной трубы глубоководного эрлифта для избежания срыва транспортирования твердого материала и достижения рациональных расходных параметров, обеспечивающих заданную производительность установок [15]. Таким образом, методы [10-15] рассматривают движение твердых частиц в вертикальном потоке водовоздушной смеси при ССТ с разной степенью приближений и обладают одним общим недостатком – отсутствием экспериментальных подтверждений достоверности теоретических моделей.

**Цель работы** – экспериментальное исследование динамики твердых частиц в вертикальном потоке водовоздушной смеси при снарядной структуре течения.

Проведем краткий анализ процесса транспортирования твердых частиц различными структурами эрлифтного течения. При пузырьковой структуре те-

чения диаметры содержащихся в потоке многокомпонентной смеси пузырьков сжатого воздуха намного меньше внутреннего диаметра подъемной трубы эрлифта. В расчетных методах определения параметров пузырьковой структуры трехкомпонентного течения в подъемной трубе эрлифта используется модель «несущей среды», в качестве которой выступает приведенная к параметрам однородности смесь жидкости с пузырьками газа. Результаты расчетов близки к аналогичным результатам при вертикальном гидротранспорте твердого материала [7, 8].

Снарядная структура течения (65-75% от длины подъемной трубы глубоководного эрлифтного гидроподъема [8]) характеризуется поочередным прохождением жидкостных пробок и пузырей (снарядов) сжатого газа (воздуха), перекрывающих внутреннее сечение подъемной трубы эрлифта. Применительно к глубоководным эрлифтам, ввиду уменьшения давления в направлении подъема, воздушные снаряды, расширяясь, удлиняются (до десятков диаметров трубопровода) и ускоряются, т.е. их скорость приобретает за счет потери плотности. Вследствие этого длины снарядов сжатого воздуха, а, следовательно, их скорость и плотность изменяются в широких диапазонах. В процессе транспортирования твердого материала при ССТ набравшая скорость в жидкостной пробке твердая частица, попав в газовый снаряд, может резко замедлить подъем, а при определенных условиях полностью потерять скорость, либо даже перейти к нисходящему движению. Таким образом, процесс транспортирования приобретает циклический характер, что при определенных условиях может приводить к аккумуляции твердых частиц в снарядной структуре и создавать условия возникновения процессов агломерации твердого материала в трубопроводном ставе. Цикличность процесса транспортирования крупных твердых частиц характеризуется амплитудами восходящего движения в жидкостных пробках и нисходящего движения в воздушных снарядах. В процессе детального изучения транспортирующей способности снарядной структуры были введены понятия «критического сечения», в области которого твердые частицы имеют максимальную амплитуду нисходящей фазы движения, а также «критического пути» частицы, характеризуемого как расстояние от первого газового снаряда до критического сечения без учета участка подъемной трубы с пузырьковой структурой течения [10, 15].

При кольцевой и дисперсной структурах течения многокомпонентной смеси основную работу по транспортированию твердых частиц выполняет сжатый воздух с включениями жидкости, а скорости потока соизмеримы со скоростями при вертикальном пневмотранспорте.

Итак, пузырьковая, кольцевая и дисперсная структуры течения многокомпонентной смеси в подъемной трубе ГЭГ не представляют угрозу срыва устойчивого транспортирования твердых частиц.

В результате комплексных исследований влияния крупности и плотности шарообразных частиц на па-



раметры снарядной структуры течения для базового варианта ГЭГ, при подъеме твердых полезных ископаемых с глубины 6 000 м и производительности 100 000 т/год по «сухому» сырью, было выделено три группы твердых частиц [10]:

а) мелкие частицы диаметром до 4-5 мм, которые поднимаются непрерывно;

б) средние частицы диаметром до 20-30 мм, которые движутся скачкообразно, замедляясь или почти останавливаясь в газовых снарядах;

в) крупные частицы диаметром до 100-120 мм, которые совершают циклическое движение, характери-

зующееся нисходящей фазой в газовых снарядах.

Для проверки достоверности получаемых при помощи численно-аналитического метода [13] результатов в условиях лаборатории кафедры горной механики Национального горного университета был проведен соответствующий эксперимент на базе комплексного экспериментального гидравлического стенда (рис. 1), позволяющего исследовать движение как одиночных твердых частиц, так и их групп в проточных частях эрлифтной, насосной и насосно-эрлифтной установок.

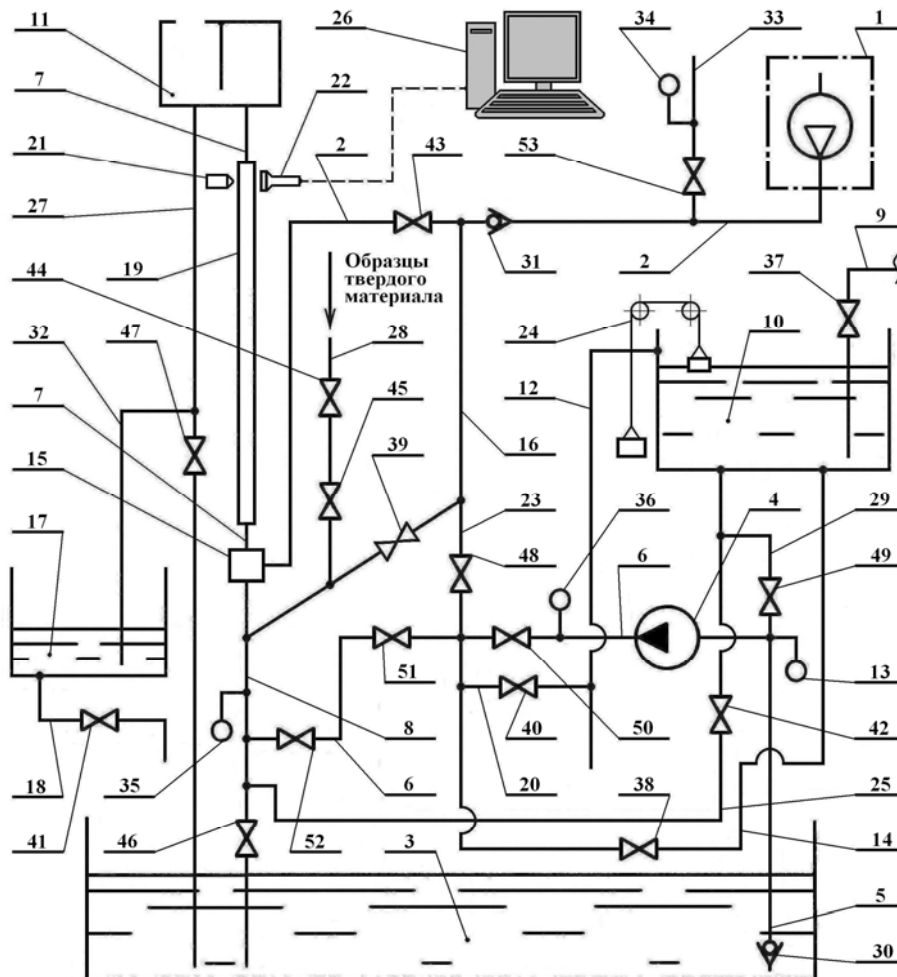


Рис. 1. Комплексный экспериментальный гидравлический стенд: 1 – компрессорная установка; 2 – нагнетательный трубопровод компрессорной установки; 3 – бассейн; 4 – одноступенчатый центробежный насос; 5, 6 – всасывающий и нагнетательный трубопроводы насоса; 7, 8 – подъемная и подводящая трубы; 9 – водопровод; 10 – резервуар; 11 – воздухоотделитель; 12 – трубопровод; 13 – датчик измерения вакуумметрического давления; 14 – компенсационный трубопровод; 15 – смеситель; 16 – дополнительный трубопровод; 17 – измерительный резервуар; 18 – сливной патрубок; 19 – трубопровод, выполненный из прозрачного пластика; 20 – патрубок; 21 – источник лазерного излучения; 22 – фоторезистор; 23 – обводной патрубок; 24 – датчик определения уровня жидкости поплавкового типа; 25 – обводной трубопровод; 26 – ЭВМ (AMD Athlon); 27 – сливной трубопровод; 28, 29 – дополнительный и вспомогательный патрубки; 30, 31 – обратные клапаны; 32 – отдельный трубопровод; 33 – отдельный патрубок; 34 – счетчик расхода газа; 35, 36 – манометры; 37-53 – задвижки

Детальное описание процесса формирования водовоздушного потока в процессе моделирования ра-

боты эрлифтной установки на базе комплексного экспериментального гидравлического стенда приве-

дено в работе [14]. Исследования осуществлялись на опытных частицах с хорошо обтекаемой сферической формой при варьировании их размеров и плотностей.

После формирования устойчивой снарядной структуры течения в подъемной трубе 7 выполняли подачу образцов твердых частиц шарообразной формы в поток воды подводящей трубы 8. При этом отдельно взятый образец вводили во внутренний канал дополнительного патрубка 28 через сообщенное с атмосферой его поперечное сечение. Под действием гравитации твердая частица двигается к задвижке 44, после открытия которой, частица перемещалась к задвижке 45. Затем закрывали задвижку 44 и открывали задвижку 45, вследствие чего частица попадала в дополнительный трубопровод 16 и под действием силы гравитации опускалась до подводящей трубы 8. Кратковременным открытием задвижки 39 при частичном закрытии задвижки 43 обеспечивали гарантированное введение экспериментальной твердой частицы в поток воды подводящей трубы 8 путем воздействия на нее потока сжатого воздуха. Таким образом достигалась минимизация изменения величины расхода воздуха, подаваемого в поток воды подводящей трубы 8 во время ввода в него твердой частицы. Шарообразная форма исследуемых образцов давала возможность свободному их перемещению во внутренних каналах дополнительных патрубков 28 и трубопровода 16. В эксперименте исследовалось движение образцов твердого материала с плотностью, превышающей плотность входящей в состав транспортирующего потока воды.

При скорости движения воды в подводящей трубе 8, обеспечивающей вертикальный гидроподъем твердой частицы, происходит ее транспортирование через смеситель 15 в подъемную трубу 7.

Движение твердых частиц исследовалось на участке выполненного из прозрачного пластика трубопровода 19 длиной 1,5 м, расположенном на расстоянии 1,4 м от смесителя 15. В жидкостных пробках наблюдалось устойчивое транспортирование твердых частиц, а при попадании в воздушные снаряды частицы замедляли подъем, что приобретало циклический характер и подтверждало прогнозирование варьирования скорости движения частицы [10]. Фиксировалось время поступления твердой частицы в исследуемый участок трубопровода 19 и время выхода из него. После выхода из подъемной трубы 7 твердая частица поступала в воздухоотделитель 11, а затем потоком воды увлекалась в сливной трубопровод 27 и двигалась до закрытой задвижки 47.

Подача воздуха в смеситель 15 регулировалась открытием задвижки 53. С увеличением расхода проходящего через отдельный патрубок 33 воздуха расстояние от зоны формирования снарядной структуры течения до смесителя 15 увеличивается и наоборот.

Скорость перемещения твердых частиц транспортирующим потоком зависит также от их обтекаемости. Таким образом, хорошо обтекаемая шарообразная форма исследуемых образцов соответствует плохому их транспортированию вертикальным потоком жидкости. При скорости движения потока воды в

подводящей трубе 8 менее необходимой для вертикального гидроподъема твердой частицы, она опускалась к закрытой задвижке 46.

После завершения работы установки путем открытия задвижек шарового типа 46 и 47 обеспечивали поступление участвовавших в эксперименте образцов твердых частиц из подводящей трубы 8 и сливного трубопровода 27 в бассейн 3.

В результате эксперимента были получены зависимости изменения средней абсолютной (результатирующей) скорости движения твердых частиц в исследуемом участке трубопровода 19 от расхода воздуха при моделировании работы эрлифтной установки с относительным динамическим погружением смесителя подъемной трубы 0,95 [14]. Экспериментальные и расчетные результаты исследования динамики твердых частиц в вертикальном потоке водовоздушной смеси при ССТ, возникающей при работе эрлифтной установки, выборочно приведены на рис. 2-4, где сплошные линии отображают результаты эксперимента, а пунктирные – результаты соответствующих расчетов. Расчеты были выполнены в соответствии с разработанным численно-аналитическим методом [13].

Из полученных зависимостей следует, что продолжительность периода движения частиц в трубопроводе 19, определяемая результирующей скоростью их движения, зависит от размеров и плотности образцов твердых частиц, а также длин жидкостных пробок и воздушных снарядов [14]. В отдельных случаях при увеличении расхода сжатого воздуха в ССТ, приводящем к увеличению длин воздушных снарядов, наблюдалось изменение направления результирующей скорости движения твердых частиц, т.е. частицы начинали совершать нисходящее движение (см. рис. 2,б и 3,б). Это доказывает утверждение, что в подъемной трубе длинных эрлифтных гидроподъемов существует критическое сечение, приближаясь к которому газовые снаряды теряют необходимую для транспортирования плотность, но еще не набрали нужную скорость [10].

Таким образом, снарядная структура течения при определенных условиях представляет опасность срыва (кризиса) устойчивого транспортирования твердых частиц, в результате возникновения которого питающая эрлифт пневматическая энергия будет расходоваться только на подъем морской воды. Исходя из этого использование модели «несущей среды» при описании снарядной структуры течения, базирующейся на применении средней монотонно-непрерывной скорости твердых частиц, в ряде случаев для крупных и тяжелых частиц противоречит физике исследуемого процесса и является принципиальной ошибкой. При этом используемый при анализе режимов работы шахтных эрлифтов «КПД по пульпе» [1, 2], определяемый как отношение гидравлической мощности поднятого на определенную высоту потока пульпы к изотермической мощности подводимого к смесителю потока сжатого воздуха, является неинформативной характеристикой глубоководного эрлифта, предназначенного для подъема горной массы под-

водных рудных месторождений. Исходя из этого для глубоководных эрлифтов более целесообразно использовать «КПД по твердому», при определении которого

в качестве полезной мощности выступает гидравлическая мощность потока твердого материала, поднимаемого в составе движущейся среды [7].

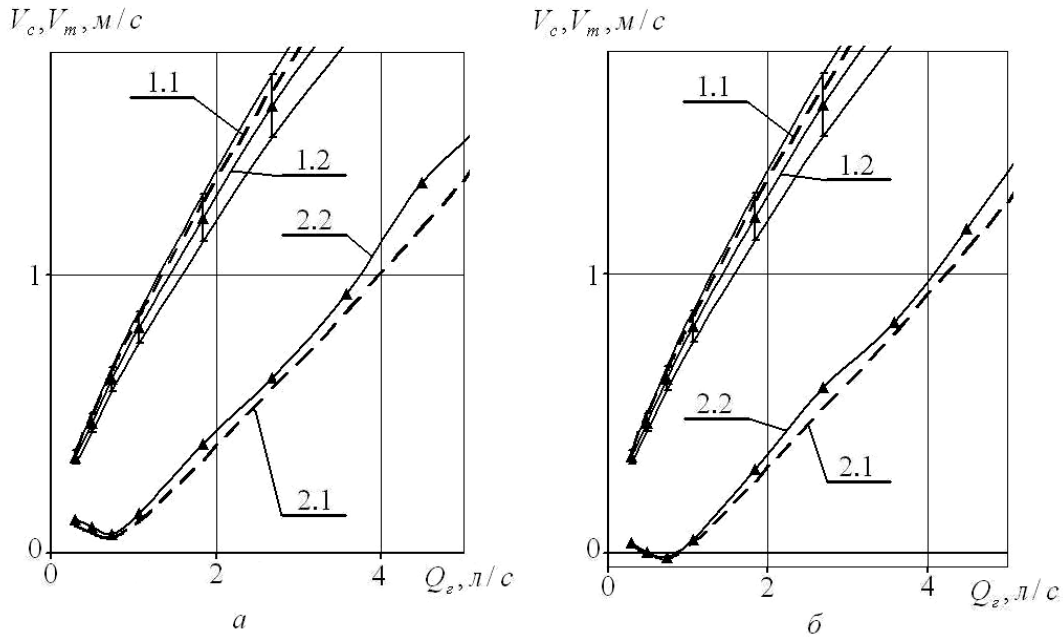


Рис. 2. Зависимости изменения скорости снарядов сжатого воздуха  $V_c$  и результирующей скорости твердых частиц  $V_m$  (м/с) от объемного расхода воздуха при нормальных условиях  $Q_a$  (л/с) для различных размеров частиц

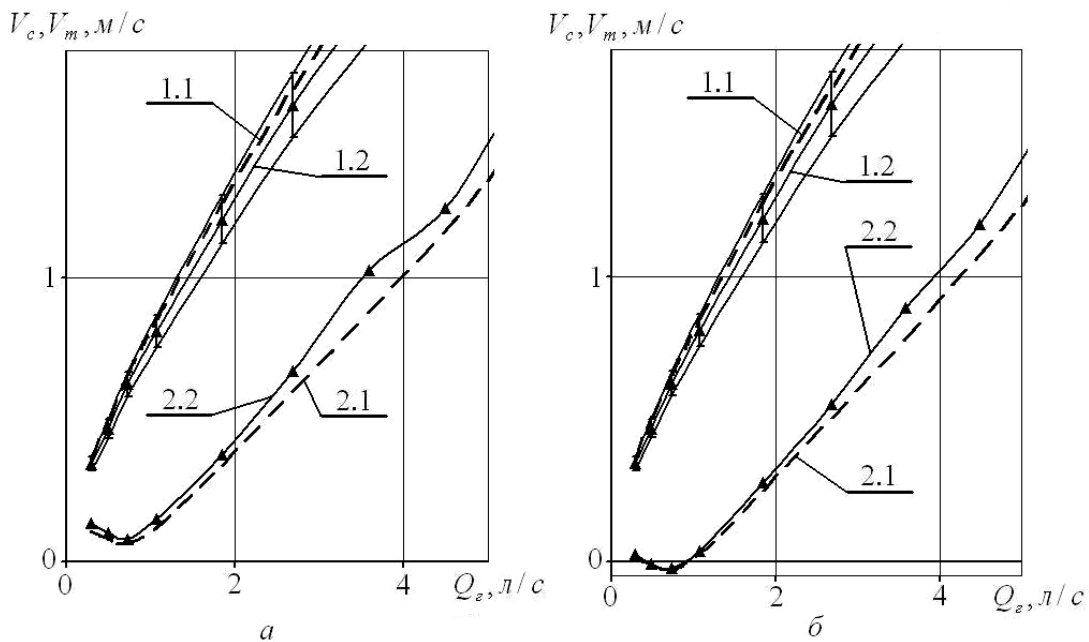


Рис. 3. Зависимости изменения скорости снарядов сжатого воздуха  $V_c$  и результирующей скорости твердых частиц  $V_m$  (м/с) от объемного расхода воздуха при нормальных условиях  $Q_a$  (л/с) для различных плотностей частиц

На рис. 2-3 приведены зависимости изменения скорости снарядов сжатого воздуха ( $V_c$ ) – кривые 1.1, 1.2 и результирующей (фазовой [12]) скорости твердых частиц ( $V_m$ ) – кривые 2.1, 2.2 от объемного расхода воздуха при нормальных условиях ( $Q_a$ ). На

рис. 2,а отображены результаты исследования движения твердых частиц диаметром 6 мм, а на рис. 2,б – частиц диаметром 18 мм при плотности твердых образцов  $1200 \text{ кг/м}^3$ . Положительные значения фазовой скорости характеризуют результирующий подь-

ем твердых частиц в подъемной трубе 7, а отрицательные – нисходящее их движение. Из графиков видно, что скорость снарядов сжатого воздуха изменяется пропорционально расходу подаваемого в смеситель 15 воздуха, а фазовая скорость твердых частиц независимо от размеров частиц имеет один экстремум, характеризуемый минимальной скоростью движения твердых частиц. Наличие экстремума объясняется стремительным снижением плотности смеси вследствие интенсивного увеличения длин воздушных снарядов и максимальной разности скоростей жидкостного и газообразного компонентов в начале снарядной структуры, что приводит к понижению результирующей скорости транспортирования твердых

частиц. Таким образом, снарядная структура течения для фиксированных физико-механических характеристик твердых частиц и геометрических параметров потока имеет единственное критическое сечение, а критический путь в исследуемом диапазоне расходных параметров характеризуется расширением воздушных снарядов до 37-38% от максимальной своей длины [14]. При этом с увеличением размеров образцов твердого материала соответствующая критическому сечению результирующая скорость движения частиц понижается, а максимальная погрешность результатов расчета фазовой скорости твердых частиц не превышает 19%.

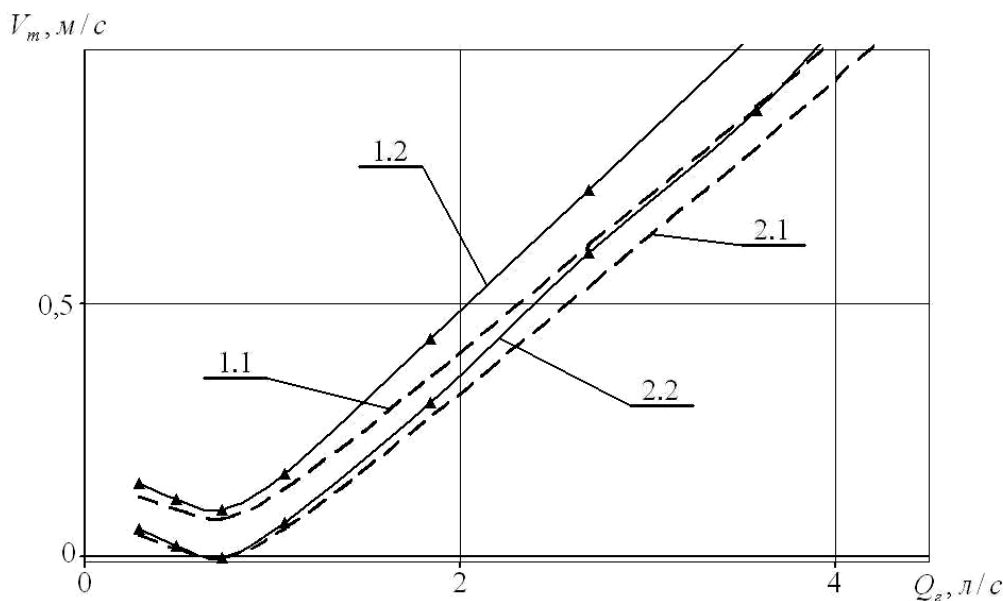


Рис. 4. Зависимости изменения результирующей скорости твердых частиц  $V_m$  (м/с) от объемного расхода воздуха при нормальных условиях  $Q_2$  (л/с) для различных плотностей и размеров частиц

Рис. 3,а отображает результаты исследования движения твердых частиц плотностью  $1\ 100\ \text{кг/м}^3$ , а рис. 3,б – частиц плотностью  $1\ 400\ \text{кг/м}^3$  при диаметре твердых образцов 10 мм. Из графиков следует, что фазовая скорость твердых частиц независимо от плотности частиц имеет один экстремум, характеризуемый минимальной скоростью движения частиц. Увеличение плотности частиц приводит к понижению соответствующей критическому сечению результирующей скорости их движения. Характер зависимости изменения результирующей скорости твердых частиц в пределах исследуемого участка подъемной трубы после прохождения частицами критического сечения снарядной структуры течения идентичный изменению скорости воздушных снарядов. Для исследуемого диапазона изменения кинематических характеристик отношение длины снаряда к длине жидкостной пробки в области критического сечения составляет 1,62-1,66 [14].

На рис. 4 приведены зависимости изменения результирующей скорости твердых частиц ( $V_m$ ) от объемного расхода воздуха при нормальных условиях

( $Q_2$ ). При этом кривые 1.1 и 1.2 соответствуют твердым частицам с диаметром 8 мм и плотностью  $1\ 100\ \text{кг/м}^3$ , а кривые 2.1 и 2.2 – образцам с диаметром 10 мм и плотностью  $1\ 300\ \text{кг/м}^3$ . При приближении фазовой скорости к нулю (кривая 2.2) твердая частица практически не транспортируется, а лишь совершает колебательные движения (величина амплитуды нисходящего движения в воздушном снаряде стремится к значению амплитуды восходящего движения в жидкостной пробке). Понижение результирующей скорости движения частиц в начале снарядной структуры течения происходит за счет увеличения количества совершаемых твердой частицей колебательных циклов.

Пересчет результатов выполненных экспериментов на параметры базового варианта промышленного ГЭГ [10, 15] с использованием разработанных критериев подобия [8] подтверждает, что крупные и тяжелые частицы диаметром до 100-120 мм в эрлифтном гидроподъеме твердых полезных ископаемых в зоне критического сечения будут иметь отрицательные величины фазовой скорости.

Таким образом, применение математической модели для расчета параметров снарядной структуры многокомпонентного течения без учета динамики твердых частиц приведет к получению пониженных расчетных показателей производительности и КПД эрлифта по твердому. При этом для обеспечения заданной производительности установки по твердому без принятия специальных мер [15] потребуется большее время ее работы, что необходимо учитывать при определении показателей рентабельности горно-морских предприятий на стадии исследований, предшествующих проектным работам.

В НГУ разработаны обладающие патентной чистотой способы управления параметрами снарядной структуры течения, гарантировано обеспечивающие устойчивое транспортирование крупных и тяжелых частиц и повышающие эффективность глубоководных эрлифтных установок. При этом программно-алгоритмическое обеспечение разработанных способов позволяет с достаточной точностью прогнозировать режимы работы установок, приводящие к срыву транспортирования твердого материала.

Характеристики снарядного режима накладывают более жесткие требования на разрабатываемую АСУ ТП гидроподъемов, т.к. экспериментально подтвержденный процесс аккумуляции твердого материала при циклическом движении частиц создает условия для их агломерации, что определяет необходимость управления технологическими процессами во избежание серьезных проблем, связанных, в конечном итоге, с возможной забутовкой транспортных трубопроводов.

На основании комплексного анализа зависимостей (рис. 2-4) с учетом взаимного влияния определяющих параметров на характеристики системы в работе получен новый **научный результат**, выражающийся в установлении следующих закономерностей движения твердых частиц в потоке водовоздушной смеси при снарядной структуре течения:

- впервые экспериментально установлено, с увеличением массового расхода воздуха в восходящем трехкомпонентном потоке за счет понижения уровня зоны формирования снарядной структуры течения и, как следствие, повышения давления и снижения естественного роста скорости смеси в сечении с наименьшей транспортирующей способностью водовоздушного потока, при интенсивной потере плотности смеси в начале снарядной структуры происходит замедление темпа увеличения или уменьшение вплоть до отрицательных значений средней абсолютной скорости подъема твердых частиц, в зависимости от их физико-механических характеристик;

- характер зависимости изменения результирующей скорости твердых частиц в пределах исследуемого участка подъемной трубы после прохождения частицами критического сечения снарядной структуры течения идентичный изменению скорости воздушных снарядов;

- экспериментально установлено, что для исследуемого диапазона изменения кинематических харак-

теристик отношение длины снаряда к длине жидкостной пробки в области критического сечения составляет 1,62-1,66.

На основании результатов проведенного эксперимента можно сформулировать следующие **выводы**:

- проверена адекватность математического аппарата расчета параметров движения одиночных твердых частиц при снарядной структуре водовоздушной смеси экспериментальным данным, при этом максимальная погрешность результатов расчета результирующей скорости движения твердых частиц не превышает 19%;

- экспериментально установлено, что снарядная структура течения для фиксированных физико-механических характеристик твердых частиц и постоянстве площади условного поперечного сечения многокомпонентного потока имеет единственное критическое сечение, а критический путь в исследуемом диапазоне расходных параметров характеризуется расширением воздушных снарядов до 37-38% от максимальной своей длины;

- полученные результаты свидетельствуют о низкой эффективности общепринятого способа регулирования производительностью глубоководных эрлифтных гидроподъемов по твердому материалу изменением расхода подаваемого в смеситель подъемной трубы воздуха и возможном срыве подъема крупных и тяжелых частиц без принятия специальных мер.

Дальнейшим этапом исследований является изучение снарядной структуры течения трехкомпонентного потока для полидисперсного состава транспортируемых частиц с изучением возможной их агломерации.

### Список литературы

1. Адамов Б.И. Исследование и разработка глубоководных эрлифтных установок для подъема твердого материала: Дис. ... канд. техн. наук. – Донецк: ДПИ, 1982. – 323 с.
2. Скорынин Н.И. Исследование и разработка глубоководных многосмесительных эрлифтных установок для подъема горных масс: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Донецк, 1983. – 28 с.
3. Weber M. Vertical hydraulic conveying of solids by air-lift // Journal of pipelines. – 1982. – № 3. – P. 137-152.
4. Гриффитс П., Уоллис Г. Двухфазное снарядное течение // Тр. Амер. об-ва инж.-мех. Сер. С. Теплопередача. – 1961. – Т. 83, № 3. – С. 99-114.
5. Chaziteodorou G., Schleffel S., Wielen A. Entwurf eines Abbauschemas zur Gewinnung und Förderung von Manganknollen aus der Tiefsee // Meerestechnik. – 1972. – № 2. – P. 56.
6. Полярский Ю., Плева Ф. Добыча марганцевых конкреций со дна морей и океанов с использованием пневмогидравлического транспорта // Preglad gorniczy. – 1982. – № 2. – P. 152-161.
7. Кириченко Е.А. Выбор и обоснование рациональных параметров глубоководной эрлифтной установки

- с учетом влияния питающей пневмосистемы: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06. – Д., 1989. – 172 с.
8. Кириченко Е.А. Научное обоснование параметров трубных систем для гидроподъема полезных ископаемых: Дис. ... докт. техн. наук: 05.05.06. – Д., 2001. – 181 с.
9. Бойко Н.Г., Кононенко А.П. Расчетные характеристики эрлифта со снарядной структурой водовоздушной смеси // Наукові праці ДНТУ. Серія “Гірничо-електромеханічна”. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – Вип. 104. – С. 17-29.
10. Кириченко Е.А., Евтеев В.В., Романюков А.В. Исследование параметров снарядной структуры течения в подъемной трубе глубоководного эрлифта // Науковий вісник НГУ. – 2007. – № 9. – С. 66-72.
11. Модельная задача о транспортировании твердой частицы потоком водовоздушной смеси в эрлифте / Давидсон В.Е., Ламзюк В.Д., Кириченко Е.А., Евтеев В.В. // Гірн. електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2007. – Вип. 2(79). – С. 66-73.
12. Аналитическое решение циклической задачи применительно к снарядной структуре эрлифтно-

- го течения / Давидсон В.Е., Ламзюк В.Д., Кириченко Е.А., Евтеев В.В. // Гірн. електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2008. – Вип. 1(80). – С. 109-117.
13. К вопросу разработки численно-аналитического метода расчета глубоководных эрлифтов для гидроподъема твердого материала / Кириченко Е.А., Ламзюк В.Д., Евтеев В.В., Шворак В.Г. // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 8. – С. 83-88.
14. Самуся В.И., Евтеев В.В., Кириченко В.Е. Экспериментальное исследование параметров вертикального двухкомпонентного потока применительно к эрлифтному течению // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 12. – С. 68-74.
15. Кириченко Е.А., Евтеев В.В., Шворак В.Г. Обоснование рациональных параметров глубоководных эрлифтных гидроподъемов с учетом динамики твердых частиц // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 9. – С. 71-76.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Самусю 10.11.08*

УДК 622.232.72-83

**С.С. Гребенкин, С.Е. Топчий, В.Д. Рябичев, И.В. Шипунова**

## **ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ НОВОГО ТИПА ПРИВОДА ГОРНЫХ МАШИН**

Розглянуто пакет теоретичних досліджень та результатів проектних розробок, пов'язаних зі створенням нового типу приводу гірничих машин.

Рассматривается пакет теоретических исследований и результатов проектных разработок, связанных с созданием нового типа привода горных машин.

The package of theoretical researches and results of project developments, related to creation of new type of drive of mountain machines is examined in the article.

Дальнейшее развитие угольных предприятий Украины связано с созданием новых высокопроизводительных угледобывающих комплексов и агрегатов. Одним из важнейших вопросов в этой проблеме является поиск возможности создания нового типа привода горных машин.

Авторы считают, что наиболее рельефно последний тезис можно проиллюстрировать на примере шахт Центрального района Донбасса (ЦРД), которые используют два традиционных вида привода горных машин: электро- и пневмопривод.

Шахты района отрабатывают свиты преимущественно весьма тонких и тонких угольных пластов в сложных горно-геологических условиях. Глубина горных работ превысила 1000 метровую отметку. Большинство пластов опасны по газу, склонны к внезапным выбросам угля и газа, горным ударам, самовозгораемы. Они отличаются высокой частотой непереходимых очистными работами геологических

нарушений, причем температура вмещающих пород достигнет 40°С. Традиционно применяемые технологические схемы шахт, очистных и подготовительных работ уже не в полной мере адаптированы к сложной геологии, поэтому высока степень деконцентрации горных работ. Соответственно – протяженны, сложны и трудноуправляемы шахтные вентиляционные сети. Велика аварийность горных работ, низки нагрузки на очистной забой.

В таких условиях проблема обеспечения эффективного и безопасного функционирования угледобывающего предприятия ЦРД является весьма сложной технической, экономической и научной задачей, успех решения которой в настоящее время уже практически целиком зависит от способности производственников и научных работников отрасли выдвигать и реализовывать новые идеи, направленные на коренной переосмотр принципов, заложенных в современную технику и технологию добычи угля из тонких крутых пластов

Донбасса и ставших, по сути, основным препятствием на пути кардинального улучшения производственной деятельности шахт крутого падения.

В центре проблематики горных работ в ЦРД лежат проблемы энергообеспечения основных и вспомогательных производственных процессов. Уже отмечалось, что на шахтах района применяются два вида энергии: электрическая и пневматическая, каждая из которых имеет труднопреодолимые недостатки.

Упомянутые горно-геологические особенности района обусловили большую массу ограничений на широкомасштабное применение электроэнергии как наиболее эффективного и экономического вида энергии. При определенных условиях применение электроэнергии вообще исключается, в других условиях безопасность применения обеспечивается весьма развитой дорогостоящей инфраструктурой, включающей защитные элементы электроагрегатов, специальное исполнение комплектующих, системы аварийного отключения и т.д. Поэтому основным видом энергии в ЦРД является пневмоэнергия, потребляемая с весьма низким КПД и позволяющая лишь в минимальной степени механизировать производственные процессы в выработках, где наиболее высоки требования безопасности.

Рациональное сочетание этих видов энергии при достаточном материальном снабжении, в принципе, позволяет обеспечивать требуемые объемы добычи угля при вполне приемлемом уровне безопасности. Однако нынешнее техническое и экономическое состояние шахт Донбасса и перспективы дальнейшего ухудшения горно-геологических условий в ЦРД (связанного, в основном, с углублением горных работ) при наблюдающемся ужесточении ценовой политики государства в условиях перехода к рыночной экономике, безусловно, требуют новых подходов к проблеме энергообеспечения подземной добычи угля, в том числе – поиска альтернативных видов энергии и разработки устройств, реализующих эти виды энергии.

Одним из направлений поиска может быть исследование возможности перехода на автономное энергоснабжение приводных агрегатов оборудования для очистных работ. Преимущества такого перехода более чем очевидны. Центральные системы электро- и пневмоснабжения шахт ЦРД оказались весьма консервативными в отношении энергоснабжения, повышения эффективности использования производственных мощностей. Особенно высоки потери в линиях передачи энергии подземным потребителям. При упомянутой выше децентрализации горных работ, когда на одной шахте эксплуатируются до 30 выемочных участков, расположенных на двух-трех (иногда четырех) этажах и удаленных от руддворов на 2-3 км, протяженность сетей силовых электрокабелей и трубопроводов сжатого воздуха составляет десятки километров. Эти кабели и трубопроводы подвергаются многочисленным механическим воздействиям, интенсивность которых особенно высока в очистных выработках. В результате давление в пневмосети может оказаться совершенно недостаточным для рабо-

ты пневмоприводов очистного оборудования, а поврежденный кабель часто становится причиной аварии с тяжелыми последствиями. Отсюда высоки расходы на обслуживание и восстановление электро- и пневмосетей. Если же учесть и то обстоятельство, что сами сети должны быть обеспечены комплектом периферийных устройств: лебедками, шланго- и кабелеподборщиками, крепежными деталями, защитными элементами, требующими специального обслуживания и загромаждающими рабочее пространство технологических выработок, то становится понятной необходимость постановки данной проблемы и решения ее в обозримом будущем. Отсюда следует и актуальность рассматриваемой в статье работы.

Поэтому группой ученых АГН Украины и МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва, РФ) была выполнена исследовательская работа по обоснованию возможности создания нового типа привода горных машин (прежде всего забойных).

Работа включала:

- теоретические исследования термодинамических систем;
- разработку алгоритма и программы расчета равновесия их параметров;
- обоснование выбора типа автономного двигателя и энергоносителя;
- расчет основных параметров двигателя, создание которого возможно на указанной аналитической базе;
- разработка его принципиальной схемы.

Авторами предполагалось, что энергетическую основу данного типа привода составят замкнутые и изолированные термодинамические системы, установление равновесия в которых достигается за счет фазовых и химических превращений. В книге [1] приведены результаты аналитических исследований термодинамики энергетических процессов в предлагаемом двигателе.

Учитывая громоздкий и в достаточной степени сложный математический аппарат этой части работы, остановимся более детально на выборе типа автономного двигателя, его принципиальной компоновке и рассчитанных технических характеристиках.

Предполагается, что двигатель работает на продуктах сгорания сжигаемого топлива. В этом случае, если в схеме двигателя используется турбина, то ее мощность связана с параметрами рабочего тела (газа) соотношением:

$$N_T = G \cdot Lag \cdot \eta_T, \% \quad (1)$$

где  $G$  – расход рабочего тела на привод турбины;  $\eta_T$  – коэффициент полезного действия турбины;  $Lag$  – адиабатическая работа турбины:

$$Lag = \frac{K}{K-1} \cdot R \cdot T_{ex} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{P_{вых}}{P_{ex}} \right)^{\frac{K}{K-1}} \right], \% \quad (2)$$

где  $R$  – газовая постоянная смеси и продуктов сгорания (газа) (или нагрева, разложения);  $T_{ex}$  – темпера-

тура рабочего тела на входе в турбину;  $P_{вх}$  – давление газа на входе;  $P_{вых}$  – давление газа на выходе из турбины;  $K$  – показатель процесса расширения газа.

Рабочее тело для турбины получают обычно сжигая топливо в генераторе газа. Если при этом температура сгорания топлива получается выше допустимого значения для турбины, то ее необходимо снизить. С этой целью удобно использовать двухзонный генератор газа. В первой зоне после сжигания топлива образуется газ высокой температуры, а во второй – производится впрыск холодного компонента (горючего, окислителя или воды), и температура газа снижается до требуемого значения. Методика определения потребного расхода впрыскиваемого компонента основана на допущении о том, что в зоне смешивания горячих газов с холодным компонентом химических реакций не происходит.

**Выбор типа автономного двигателя и энергоносителя.** В соответствии с задачей создания автономного, безопасного и экологически чистого двигателя был рассмотрен широкий круг возможных энергоносителей и двигателей на их основе. Хотя заранее было ясно, что поиск необходимого технического решения надо вести на основе использования энергоносителей с большим запасом химической энергии. Для сравнения были рассмотрены такие энергоносители как сжатый воздух, пар и вода под давлением. Предполагалось, что во всех типах двигателей в качестве основного устройства, создающего крутящий момент на валу, служит турбина. Сопоставление различных вариантов двигателей проводилось с двигателем, обладающим мощностью  $N = 63$  кВт. При этом особое внимание обращалось на четыре показателя:

- расход энергоносителя;
- состав газа на выходе из двигателя;
- уровень необходимых давлений на входе в турбину и проблемы его создания;
- взрывобезопасность.

**Двигатель с приводом от турбины, вращаемой сжатым воздухом.** Сжатый воздух применяется в настоящее время в двигателях шахтных комбайнов. При транспортировке сжатого воздуха с поверхности земли имеют место большие потери давления на гидравлическое сопротивление в трубах и утечки его в многочисленных соединениях. Вариант с размещением компрессора для создания расхода воздуха высокого давления непосредственно вблизи места добычи угля имеет свои недостатки. Такой компрессор должен отвечать очень высоким требованиям техники безопасности, экологии и обладать сравнительно малыми габаритами и весом. Создание такого компрессора – по существу крупная самостоятельная проблема.

**Двигатель с приводом от турбины, вращаемой водой под давлением.** Принципиально возможно создание двигателя, крутящий момент на валу которого создается турбиной, приводимой во вращение водой, подаваемой с поверхности земли.

Для турбины мощностью 63 кВт, при к.п.д. = 0,5 и работе ее в течение трех часов, требуется почти 280 т воды, которую надо удалять из зоны добычи. Эти цифры достаточно хорошо показывают негативную сторону рассматриваемой идеи.

Были также рассмотрены варианты привода от турбин, вращаемых водяным паром и продуктами разложения перекиси водорода. В силу ряда технических причин, они на данном этапе неприемлемы.

Поэтому в качестве базового варианта предлагается использовать **двигатель с приводом от турбины, работающей на продуктах сжигания метилового спирта с воздухом.** Достоинством рассматриваемого рабочего тела является то, что при его сжигании на выходе из генератора газа (и турбины), получается экологически чистая смесь продуктов сгорания ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{Ar}$ ), если процесс сжигания осуществляется при стехиометрическом соотношении между горючим и окислителем. Технически такое соотношение может быть легко реализовано. Кроме того, это сравнительно дешевый и взрывобезопасный продукт. Получающаяся при сжигании высокая температура (более  $2000^\circ\text{K}$ ) уменьшается до рабочего значения газа, подаваемого на лопатки турбины, путем разбавления водой.

Предварительные расчеты рабочего процесса, расходов и других параметров двигателя показывают, что именно на этом энергоносителе оказывается возможным создание автономного устройства для привода шахтного комбайна, которое отвечает наибольшему числу основных требований производства. Однако требуется детальное исследование по выбору соответствующего окислителя. Рассматривались два возможных типа окислителей: воздух и жидкий кислород. Последний размещается на борту комбайна. Использование воздуха является весьма заманчивым, но требуются надежные и малогабаритные фильтры для его очистки от угольной и другой пыли. Применение жидкого кислорода устраняет эти трудности, но создает новые. В частности, необходимо решать вопросы с его получением, доставкой в шахту, длительным хранением и вопросы техники безопасности. В принципе, эти трудности являются чисто техническими и могут быть решены с привлечением к разработке проекта специалистов, имеющих большой опыт проектирования и эксплуатации соответствующих устройств.

В результате анализа данных предварительного расчета и требований горного производства было решено выбрать, в качестве базовой, схему двигателя с приводом от турбины, работающей на продуктах сжигания 95%-го метилового спирта с тщательно очищенным от пыли воздухом.

**Структура и описание принципиальной схемы устройства двигателя.** В качестве базовой выбрана схема устройства двигателя, в которой окислителем для сжигания спирта служит воздух (рис. 1).

Приводом для режущего инструмента и всех вспомогательных устройств является турбина 1. На одном валу с ней находится устройство для обработки угольного пласта, закрепляемое на конце вала 20, насос горючего 2 для подачи его в генератор газа (ГГ), водяной насос 4, редуктор компрессора 17 и редуктор для режущего инструмента 19.



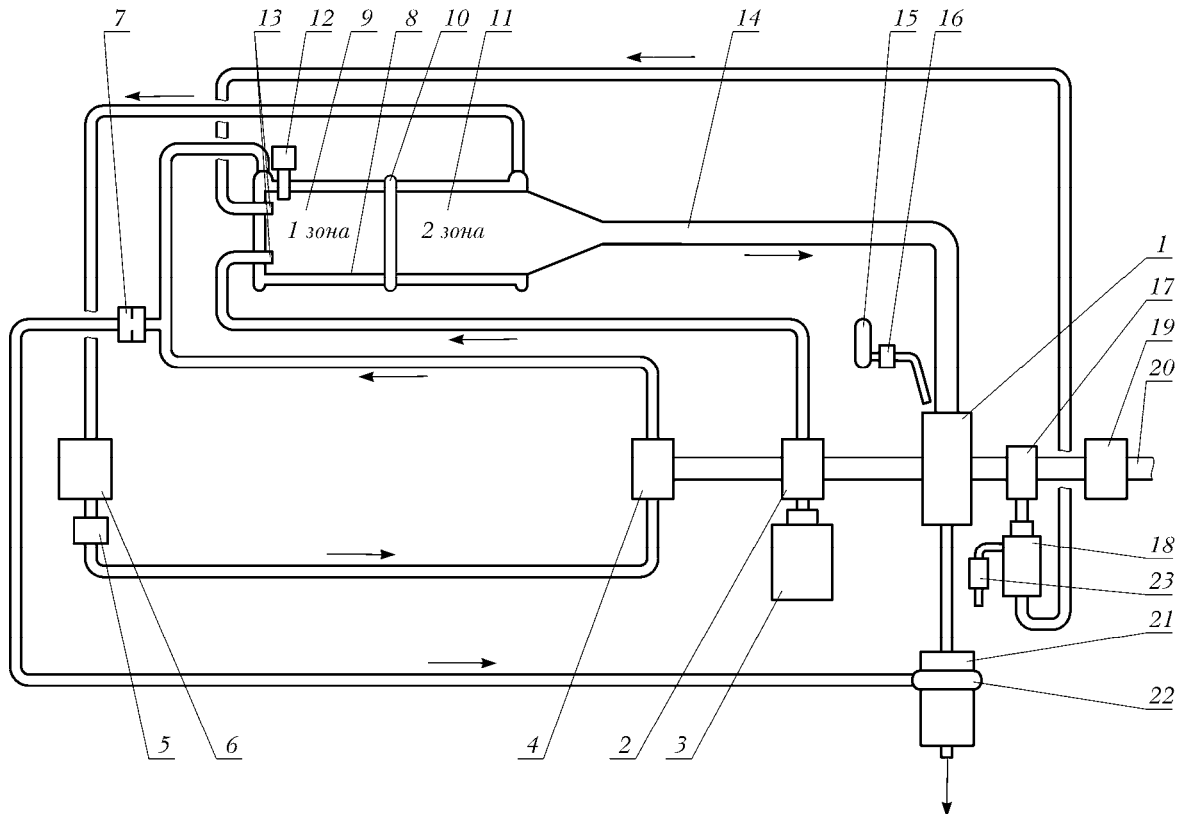


Рис. 1. Принципіальна схема пристрою газотурбинного двигачеля

Рабочее тело для турбины, в виде продуктов сгорания горючего, получается в ГГ за счет сжигания спирта с воздухом, подаваемым от компрессора 18. Возможны модификации этой схемы с добавлением в воздух кислорода или переход полностью на жидкий кислород вместо воздуха.

Генератор газа (ГГ) имеет две зоны – 9 и 11. В первой зоне 9 происходит сжигание горючего при высокой температуре. В процессе движения горючего газа во вторую зону 11 в него впрыскивается вода через распылитель 10 и происходит снижение температуры газа до температуры, соответствующей допустимой температуре на лопатках турбины. Обе зоны генератора газа охлаждаются водой, протекающей в рубашке охлаждения. Подача компонентов топлива в ГГ осуществляется через форсунки 13. Поджигание смеси производится от зажигающего устройства 12. Для предварительной раскрутки турбины в начале работы служит пусковое устройство, схематически обозначенное позициями 16 и 15, в качестве одного из вариантов которого может применяться устройство, использующее энергию сжатого воздуха (или азота), подаваемого на колесо турбины.

Воздух, поступающий на вход в компрессор 18, проходит тщательную очистку в системе фильтров 23. Газ из турбины поступает в теплообменник 21, где охлаждается за счет смешения с водой, подаваемой через распылитель 22.

Основные технические характеристики базового варианта двигателя приведены в табл. 1.

Схема на рис. 1 содержит лишь базовую структуру как основу для конкретных исследований и разработок и далеко не исчерпывает возможные варианты воплощения идеи автономного энергоснабжения приводов очистного оборудования.

Нет особой нужды констатировать в данной статье тот факт, что на пути реализации приведенной схемы в серийных образцах необходимо преодолеть массу сложностей разного характера, выполнить комплекс проектных исследований, изготовить и провести стендовые и шахтные испытания экспериментальных образцов автономных приводов, наладить их серийное производство, соответственно – затратить большой объем трудовых и финансовых ресурсов при достаточно отдаленной перспективе их компенсации.

Однако эффект от широкомасштабного внедрения автономного энергоснабжения оборудования для горных машин трудно переоценить. Резко сокращается период ввода в эксплуатацию новых выемочных полей. Появляется возможность осуществлять выемку практически сразу после проведения подготовительных и разрезных выработок. Очистный агрегат с автономным энергоснабжением обладает большой маневренностью, что особенно важно при нарушении морфологии разрабатываемого пласта, при его складчатых или разрывных нарушениях. Очистная выработка освобождается от кабельной и пневмосети, загромождающих выработку и несущих опасность создания аварийной ситуации. Кроме того, на шахтах ЦРД часто возникает ситуация, когда необ-

ходимо доработать законсервированные запасы на верхних этажах при уже демонтированных линиях передачи энергии. В подобном случае очистной агре-

гат с автономным энергоснабжением может оказаться безальтернативным средством решения этой сложной задачи.

Таблица 1

Основные технические характеристики двигателя

Мощность турбины $N_T$ , кВт	63
Мощность на валу привода режущего инструмента $N$ , кВт	45-50
Давление на входе в турбину $P_{вх}$ , атм	10
Давление на выходе из турбины $P_{вых}$ , атм	1,15
Коэффициент избытка окислителя	1,0
Температура газа в первой зоне ГГ – $T_1$ , $^{\circ}K$	2215
Температура газа во второй зоне ГГ – $T_2$ , $^{\circ}K$	900
Расход спирта, кг/ч	40
Расход воздуха, $m^3/ч$	252
Расход воды суммарный, кг/ч	450
Состав продуктов сгорания на выходе из двигателя $\alpha$	$N_2, H_2O, CO_2$
Габаритные размеры двигателя без емкости для воды, м	$0,25 \times 1,0 \times 1,5$
Объем ГГ – $v$ , $m^3$	$0,124 \cdot 10^3$
Диаметр ГГ – $d$ , мм	55
Длина ГГ – $l$ , мм	150

Область применения автономного энергоснабжения, безусловно, не исчерпывается очистным оборудованием. Подготовительные работы, особенно при освоении запасов нового горизонта, также могут быть достаточно быстро организованы при наличии автономных проходческих агрегатов. Несомненны перспективы автономных подземных транспортных систем, средств малой механизации – в особенности.

Таким образом, можно обозначить весьма широкую сферу эффективного применения горных машин и механизмов с автономным энергоснабжением в условиях угольных шахт Украины. Исключение составляют лишь технологические комплексы поверхности и околоствольных дворов, где на ограниченных площадях решаются крупные производственные задачи, требующие очень высокую энерговооруженность применяемых машин, обеспечить которую способны только мощные центральные системы.

**Список литературы**

1. Горные машины и комплексы для подземной добычи угля / Под общ. ред. С.С. Гребенкина. – Донецк: ВИК, 2006. – 353 с.
2. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания / Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Тишин А.П., Худяков В.А. – М.: АН СССР, ВИНТИ, 1971. – Т. 1.
3. Рождественский И.Б., Шевелев В.П., Олевинский К.К. Расчет состава и термодинамических функций произвольно реагирующих газовых систем // Свойства газов при высоких температурах. – М.: Наука, 1967.
4. Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. – М.: Машиностроение, 1968. – 396 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Бондаренком 15.12.08*

УДК 621.316.925:622.48.012

Ф.П. Шкрабец

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗАВАРИЙНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Викладено основні шляхи зниження пошкоджуваності в розподільних мережах систем електропостачання гірничих підприємств за рахунок придушення перехідних процесів при замиканнях на землю на основі оптимізації режиму нейтралі та забезпечення селективності дії релейного захисту. Також представлено принцип безперервного селективного контролю параметрів ізоляції у високовольтних мережах.

Изложены основные пути снижения повреждаемости в распределительных сетях систем электроснабжения горных предприятий за счет подавления переходных процессов при замыканиях на землю на основе оптимизации режима нейтрали и обеспечения селективности действия релейной защиты. Также представлен принцип непрерывного селективного контроля параметров изоляции в высоковольтных сетях.

The basic ways of decline of demaging are expounded in the distributive networks of the systems of electric supply of mountain enterprises due to suppression of transitional processes at shorting on earth on the basis of optimization of the mode of neutral and providing of selectivity of action of relay defence. Principle of continuous selective control of parameters of isolation is also presented in the networks of high-voltages.

Электрические сети и оборудование систем электроснабжения шахт и карьеров эксплуатируются в весьма специфических условиях, которые в значительной степени определяют уровень надежности электроснабжения и электробезопасности. Улучшение условий электробезопасности, повышение надежности электроснабжения горных предприятий зависит от успешного решения ряда вопросов, среди которых важное место занимают вопросы оптимизации режимов работы нейтрали распределительных сетей по критериям надежности и электробезопасности систем электроснабжения, создание методов и технических средств, обеспечивающих предупреждение, поиск повреждений и восстановление электроснабжения потребителей.

Анализ эксплуатационных данных об аварийности распределительных сетей горных предприятий показывает, что на долю замыканий на землю приходится до 65...90% всех повреждений [1-3]. Основная масса повреждений в распределительных сетях связана с нарушением изоляции фаз сети относительно земли, т.е. появлением несимметричных повреждений, которые можно разделить на три основных вида:

- 1) замыкания одной фазы распределительной сети на землю;
- 2) двойные замыкания на землю (замыкания на землю в разных точках распределительной сети);
- 3) замыкания на землю со стороны электроприемника.

По характеру повреждений следует различать металллические (глухие) замыкания на землю, дуговые (через перемежающуюся дугу) и через переходные сопротивления в точках повреждения.

Основными причинами возникновения замыканий на землю в электрических сетях являются:

- воздействие перенапряжений на изоляцию элементов электрической сети;

- постепенное изменение диэлектрической прочности (старение) изоляции;
- воздействие внешних объектов и дефекты монтажа электрических сетей и оборудования;
- внезапные изменения расстояния между токоведущими и заземленными частями электрического оборудования.

Большинство повреждений в электрических распределительных сетях приводит к снижению уровня электробезопасности и надежности систем электроснабжения. В свою очередь снижение надежности электроснабжения приводит к появлению ущерба от перерывов электроснабжения. В общем случае указанный ущерб определяется длительностью простоя добычных и транспортных машин и соответственно недоотпуском продукции. Неоправданные простои оборудования, добычных и вспомогательных механизмов наблюдаются при неправильном действии устройств первой и второй ступени защиты от замыканий на землю за счет значительного времени поиска отсутствующих повреждений (при ложном срабатывании защитных устройств). Кроме того, замыкания на землю часто являются причиной возникновения многоместных или многофазных повреждений, в результате чего увеличивается количество простаиваемых машин и механизмов.

Как уже отмечалось, надежность электроснабжения потребителей в значительной степени зависит от качества функционирования средств защиты от замыканий на землю в распределительных сетях. При этом следует отметить, что при прочих равных условиях качество функционирования названных защит зависит от структуры построения (количества ступеней распределения) и режима работы нейтрали распределительной сети.

Режим работы нейтрали (полностью изолированная нейтраль, компенсированная нейтраль, с резистором в нейтрали) электрических сетей напряжением выше

1000 В существенно влияет не только на работоспособность устройств защиты от замыканий на землю, но и на уровень внутренних перенапряжений, сопровождающих такие аварийные режимы, т.е. на повреждаемость электрических сетей и оборудования [3, 4].

Распределительные сети напряжением 6-10 кВ с полностью изолированной нейтралью получили преимущественное распространение в большинстве стран. Однако такой режим нейтрали сети не всегда является оптимальным с точки зрения таких критериев, как надежность, электробезопасность и экономичность. Для реальных параметров распределительных сетей с полностью изолированной нейтралью максимальное значение перенапряжений (напряжения между здоровыми фазами и землей) при замыкания на землю находится на уровне 4,5 фазного напряжения, а теоретический максимум напряжения смещения нейтрали составляет трехкратное фазное напряжение. Однофазные замыкания на землю сопровождаются переходными процессами, возникающими в момент появления замыкания и в момент отключения поврежденного участка (процесс восстановления напряжения в сети), которые обеспечивают значительную часть ложных срабатываний устройств защиты от замыканий на землю в указанных сетях [1, 3].

Системы электроснабжения с полностью изолированной нейтралью по сравнению с сетями с другими режимами нейтрали не требуют дополнительных капитальных затрат. Однако эксплуатационные расходы в сетях с полностью изолированной нейтралью за счет большей повреждаемости, а также за счет ущерба от перерывов электроснабжения значительно больше, чем в сетях, работающих с другими режимами нейтрали.

Эффективность компенсации емкостных токов и эффективность работы электрических сетей с компенсированной нейтралью в значительной степени зависит от режима настройки компенсирующего устройства. Большинство исследователей при этом отдают предпочтение резонансной настройке индуктивности компенсирующего устройства с емкостью сети относительно земли, то есть:

$$X_L = X_C \text{ или } \omega L_k = \frac{1}{3\omega C}, \quad (1)$$

где  $X_L$  и  $X_C$  – соответственно индуктивное сопротивление компенсирующего устройства и емкостное сопротивление всей электрически связанной сети относительно земли;  $L_k$  – индуктивность компенсирующего устройства;  $C$  – емкость одной фазы всей электрически связанной сети относительно земли.

В случае несоблюдения условия (1) остаточный ток определяется как геометрическая сумма активной  $I_a$  и реактивной (емкостной  $I_C$  и индуктивной  $I_L$ ) составляющих. Реактивная составляющая в свою очередь зависит от степени расстройки (отклонения от резонансной настройки) компенсации:

$$v = \frac{I_L - I_C}{I_L} = 1 - 3\omega^2 CL_k = 1 - K, \quad (2)$$

где  $K = \frac{I_C}{I_L = 3\omega^2 CL_k}$  – коэффициент (степень) настройки компенсирующего устройства.

Если оценивать надежность электроснабжения электроприемников повреждаемостью элементов сети и качеством работы релейной защиты, то необходимо отметить, что в основном применение компенсированных сетей, где требуется действие защиты на отключение, сдерживается вторым условием. Что касается повреждаемости элементов распределительных сетей, то следует указать на непосредственную связь этого показателя с режимом настройки компенсирующего устройства, так как именно настройкой компенсирующего устройства определяется уровень перенапряжений в сети при однофазных замыканиях на землю.

На рис. 1 показаны кривые зависимости максимальной кратности перенапряжений от степени расстройки компенсации. Значение коэффициента  $\gamma$ , учитывающего снижающие перенапряжения факторы, в общем случае зависит от частоты колебаний свободных составляющих тока замыкания, длины линий распределительной сети, расположения места повреждения относительно источника, сопротивления в цепи замыкания; для реальных параметров распределительных сетей указанный коэффициент находится на уровне 0,8...0,9 [3].

Из рис. 1 видно, что при резонансной настройке компенсирующего устройства, а также при его расстройке в пределах 5%, даже теоретически перенапряжения на неповрежденных фазах не могут превысить 2,75 фазного напряжения. Снижение уровня перенапряжений обусловлено созданием удобного пути для стоков статических зарядов по фазам за счет включения в нейтраль сети дугогасящего реактора. Увеличение степени расстройки компенсации от 5 до 30...40% приводит к быстрому нарастанию уровня перенапряжений. Необходимо отметить, что при расстройке компенсирующего устройства на 20...25% от резонансной, эффективность компенсирующих устройств в части ограничения перенапряжений при замыканиях на землю практически не ощущается по сравнению с сетями с полностью изолированной нейтралью. Перенапряжение в нейтрали сети примерно в 1,5...2 раза меньше кратности перенапряжений на неповрежденных фазах, что также способствует снижению повреждаемости элементов системы электроснабжения с резонансным режимом компенсации.

С экономической точки зрения распределительные сети с компенсацией емкостного тока замыкания на землю требуют дополнительных капитальных затрат на дугогасящие реакторы и устройства для их подключения. Что касается эксплуатационных расходов, то они значительно меньше, чем в сетях с полностью изолированной нейтралью за счет меньшей повреждаемости элементов системы. При резонансной настройке компенсирующего устройства и при незначительных расстройках компенсации в электрических сетях запасы электрической прочности изоляции по отношению к воздействующим пе-

ренапряжениям увеличиваются до 30% [1]. Так как эффективность компенсации емкостных токов замыкания на землю наблюдается при резонансном и близких к нему режимах настройки компенсирующих устройств и учитывая возможное изменение параметров распределительных сетей (оперативные и аварийные переключения, наращивание ЛЭП и т.п.), необходимо ориентироваться на применение устройств автоматической настройки режима дугогасящих реакторов.

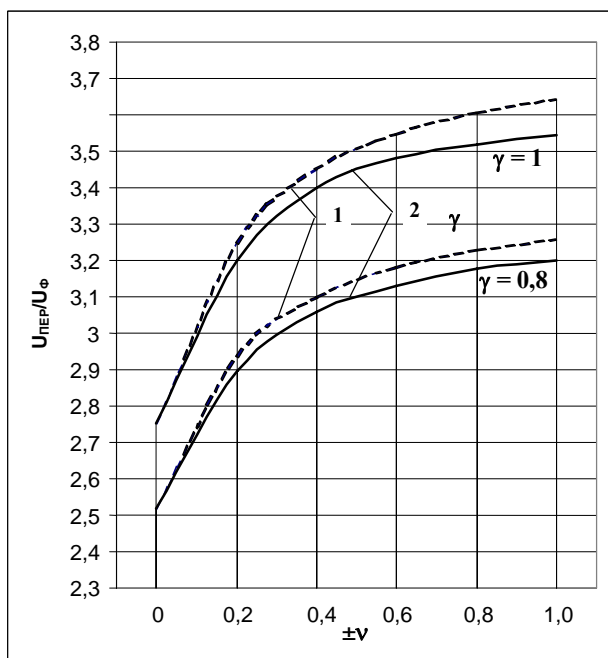


Рис. 1. Зависимости максимальной кратности перенапряжений от степени расстройки компенсирующего устройства в режиме: 1 – перекомпенсации; 2 – недокомпенсации

Электрические сети с резистором в нейтрали обладают, по сравнению с сетями с полностью изолированной или компенсированной нейтралью, более высокой надежностью за счет улучшения качества работы устройств защиты от однофазных замыканий на землю, исключения феррорезонансных процессов и уменьшения повреждаемости элементов системы электроснабжения (снижение перенапряжений при замыканиях на землю). Последнее обусловлено значительным снижением уровня внутренних перенапряжений, сопровождающих однофазные замыкания на землю [5, 6].

На рис. 2 показана зависимость максимальной кратности внутренних перенапряжений в сети с резистором в нейтрали от соотношения ( $K_a = I_a/I_c$ ) активной и емкостной составляющих тока однофазного замыкания на землю. По мере роста активной составляющей тока замыкания по отношению к емкостной составляющей кратность перенапряжений уменьшается до значения 2,4, при равенстве активной и емкостного тока замыкания. Из рисунка видно, что дальнейшее увеличение активной составляющей

практически не приводит к существенному уменьшению кратности перенапряжений, и можно констатировать, что эффективность рассматриваемого режима нейтрали распределительных сетей существенно проявляется при значении накладываемого активного тока замыкания на землю на уровне не менее 40% от емкостного, то есть

$$I_a = (0,4 \div 1,0) I_c . \quad (3)$$

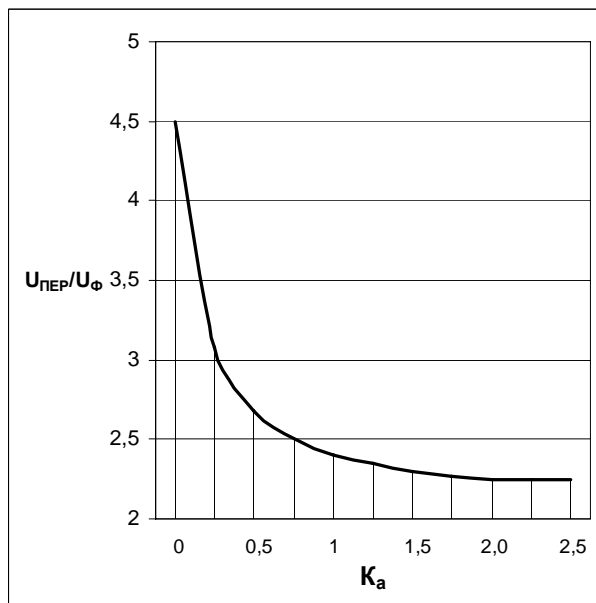


Рис. 2. Зависимость максимальной кратности перенапряжений в сети с резистором в нейтрали от отношения активной и емкостной составляющих тока замыкания

Основной причиной ложных срабатываний защит (сигнализаций) от замыканий на землю в сетях с полностью изолированной и компенсированной нейтралью следует считать возникновение в сети после отключения поврежденного присоединения (или после самоликвидации повреждения) колебательного процесса с частотой близкой к частоте 50 Гц. Можно предположить, что разрыв тока замыкания самоустраняющегося повреждения, а также принудительное отключение повреждения с большой долей вероятности происходит при переходе значения тока замыкания на землю через нуль. В этом случае процесс восстановления напряжения на поврежденной фазе будет происходить от нулевого значения (для случая металлического замыкания фазы на землю) до фазного за какой-то промежуток времени, продолжительность которого и является одной из важнейших характеристик переходного процесса. Аналогично от фазного значения до нуля будет изменяться значение напряжения смещения нейтрали (нулевой последовательности).

После отключения поврежденного присоединения в сети устраняется принудительный аварийный режим, а индуктивность  $L_p$  и емкость  $C_{\Sigma}$  образуют

колебательный контур с начальными значениями токов и напряжения соответствующими аналогичным значениям, предшествующим непосредственно отключению повреждения. Угловая частота начинающихся свободных колебаний будет равна:

$$\omega'_{св} = 1 / \sqrt{L_p C_{\Sigma}} = 1 / \sqrt{3 L_p C} , \quad (4)$$

где  $L_p$  – результирующая индуктивность относительно земли (дугогасящих реакторов или измерительных трансформаторов напряжения).

Учитывая, что в системе имеются активные сопротивления, в которых теряется предварительно запасенная в емкости и индуктивности энергия, колебательный переходный процесс носит затухающий характер. Коэффициент успокоения колебаний в рассматриваемой системе является величиной обратной добротности колебательного контура и определяется параметрами изоляции сети относительно земли. Эти же параметры влияют на значение постоянной времени затухания колебаний.

В общем виде процесс изменения во времени напряжения смещения нейтрали в системе после отключения или самоустранения повреждения может быть описан дифференциальным уравнением

$$\frac{d^2 U_0(t)}{dt^2} + \left( \frac{3 R_H + R}{3 \omega C R_H R} \cdot \frac{d U_0(t)}{dt} \right) - \frac{1}{3C L_p} U_0(t) = 0, \quad (5)$$

решение которого и анализ результатов, выполненный с учетом реальных параметров распределительных сетей с различными видами заземления нейтрали, позволяют утверждать следующее:

1. В сетях с полностью изолированной нейтралью характер переходного процесса (частота собственных колебаний и продолжительность процесса) определяется в основном суммарной емкостью сети относительно земли и количеством одновременно включенных измерительных трансформаторов напряжения. Для реальных параметров распределительных сетей длительность переходного процесса находится в пределах от 2 до 10 периодов промышленной частоты, а частота свободных колебаний имеет значение, как правило, меньше промышленной частоты, причем частота свободных колебаний непосредственно в процессе их затухания изменяется за счет нелинейного характера реактивного сопротивления измерительных трансформаторов напряжения (рис. 3,а).

2. В сетях с компенсированной нейтралью затухание напряжения на нейтрали определяется в основном параметрами изоляции распределительной сети относительно земли и не зависит от режима настройки компенсирующего устройства. Частота свободных колебаний и постоянная времени их затухания в компенсированных сетях значительно превышают аналогичные характеристики в сетях с полностью изолированной нейтралью. Характер переходного процесса

при прочих равных условиях зависит от режима настройки компенсирующего устройства.

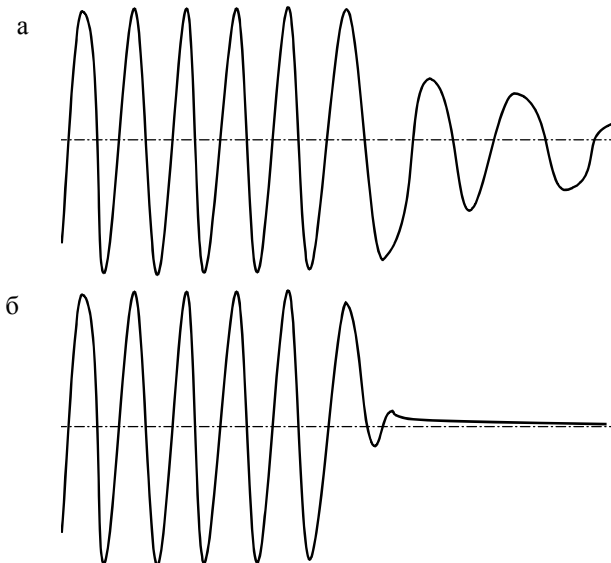


Рис. 3. Осциллограммы затухания напряжения смещения нейтрали после отключения повреждения в сети с изолированной нейтралью (а) и с резистором в нейтрали (б)

3. Переходный процесс в сетях с резистором в нейтрали в значительной степени зависит от значения указанного резистора. В случае установки резистора, сопротивление которого выбирается из условия создания активной составляющей тока однофазного замыкания на землю величиной 50% от емкостного тока, за счет резкого увеличения коэффициента успокоения (затухания) переходный процесс практически заканчивается за полпериода промышленной частоты. На рис. 3 представлены для сравнения осциллограммы изменения напряжения смещения нейтрали в распределительной сети карьера после отключения металлического однофазного замыкания на землю в сети без (а) и с резистором в нейтрали (б) (активной составляющей тока замыкания на уровне 0,6 емкостного тока).

По условиям обеспечения электробезопасности электрических сетей при непосредственном прикосновении человека к токоведущим частям ни один из возможных режимов нейтрали нельзя признать благоприятным. Независимо от режима нейтрали с учетом реальных параметров изоляции относительно земли распределительных сетей и времени действия устройств защиты, а также времени действия применяемой в таких сетях коммутационной аппаратуры, значения тока через тело человека будут значительно превышать безопасные уровни. Степень же косвенной опасности электрической сети (например, от действия напряжения прикосновения) в значительной степени зависит от режима нейтрали. Для установившегося режима однофазного замыкания в этом случае предпочтение следует отдать электрическим сетям с компенсированной нейтралью при резонанс-

ной (или близкой к резонансной) настройке компенсирующего устройства. Если учитывать переходные процессы, сопровождающие металлические и дуговые однофазные замыкания на землю, то наиболее благоприятным следует считать электрическую сеть с резистором в нейтрали.

В карьерных сетях напряжением 6-10 кВ при применении дугогасящих реакторов, которые в большинстве случаев не оборудованы устройствами автоматической настройки режима компенсации, рекомендуется использовать комбинированный режим работы нейтрали [7]. Суть этого режима заземления нейтрали состоит в том, что кроме создания индуктивной составляющей тока однофазного замыкания на землю, предлагается также одновременно накладывать на ток замыкания и активную составляющую. Значение накладываемой на сеть активной составляющей тока замыкания на землю должно быть на уровне 30-50% от емкостной составляющей, что обеспечивает эксплуатационные показатели, соответствующие сетям с резистором в нейтрали даже при расстройках дугогасящего реактора до 50% (рис. 4).

Достаточно распространенная двухступенчатая система электроснабжения потребителей горных предприятий характеризуется тем, что (в соответствии с требованиями ПУЭ и отраслевых инструкций) защиты от замыканий на землю ли-

нии питающей РП и линий отходящих от РП не могут быть согласованы по условиям селективности действия, так как те и другие должны выполняться без выдержки времени.

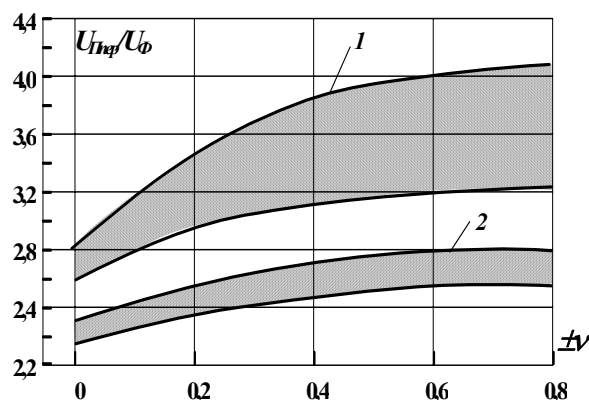


Рис. 4. Зависимость кратности перенапряжений от степени расстройки реактора при компенсированном (1) и комбинированном (2) режиме заземления нейтрали

Для исправления указанного недостатка предлагается следующая схема (рис. 5):

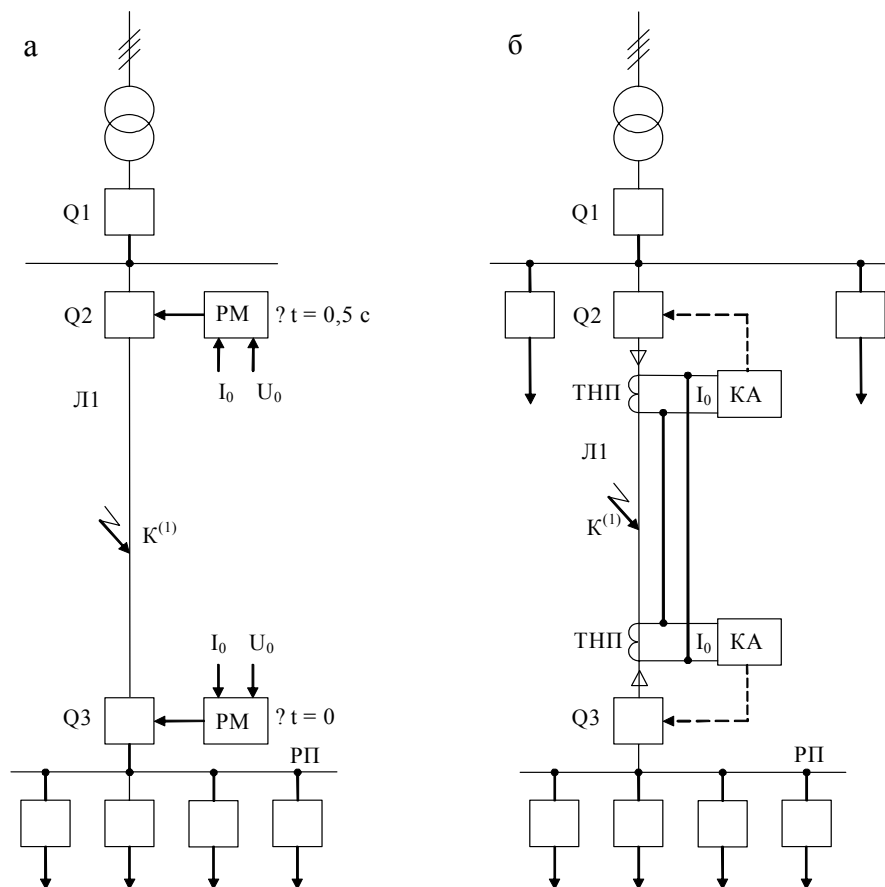


Рис. 5. Обеспечение селективности действия защит от замыканий на землю при двухступенчатой системе распределения

1. Если от трансформаторной подстанции к РП отходит одна линия (рис. 5,а), то для обеспечения селективности действия защит следует установить в начале и в конце линии ЛЛ направленные устройства защиты от замыканий на землю. Защита, установленная на вводе в КРП, должна реагировать на замыкания на линии и действовать на выключатель Q3 без выдержки времени, что позволит защите, установленную в начале линии ЛЛ, выполнить с выдержкой времени 0,4-0,5 с. Штатная вторая ступень защиты от замыканий на землю (реагирующая на напряжение нулевой последовательности) будет действовать на отключение выключателя Q1 с выдержкой времени 0,7 с.

2. Если у трансформаторной подстанции отходящих линий две и более (рис. 5,б), то для обеспечения селективности действия защит от замыканий на землю в системе электроснабжения карьера или шахты на линиях питающих РП следует установить продольную дифференциальную защиту, реагирующую на ток нулевой последовательности.

В процессе эксплуатации систем электроснабжения по ряду причин и в первую очередь с целью про-

гнозирования уровня электробезопасности и надежности электрических сетей и установок необходимо знать состояние их изоляции. Надежность и безопасность работы систем электроснабжения во многом зависит от значений активного и реактивного сопротивлений изоляции электрической сети относительно земли. В сетях с компенсацией емкостных токов замыкания на землю на указанные характеристики систем электроснабжения существенное влияние оказывает режим настройки компенсирующего устройства. Для получения более достоверной информации о состоянии изоляции фаз сети относительно земли и косвенной оценки эксплуатационных характеристик систем электроснабжения необходимо производить измерения параметров изоляции и режима настройки дугогасящих реакторов под рабочим напряжением.

Непрерывный и автоматический контроль значений составляющих изоляции электрической сети (активного и емкостного сопротивлений изоляции фаз сети относительно земли, индуктивности компенсирующего устройства) позволит прогнозировать появление опасных состояний системы и, при имеющейся технической возможности, вводить опережающие управляющие команды, позволяющие минимизировать возможный ущерб.

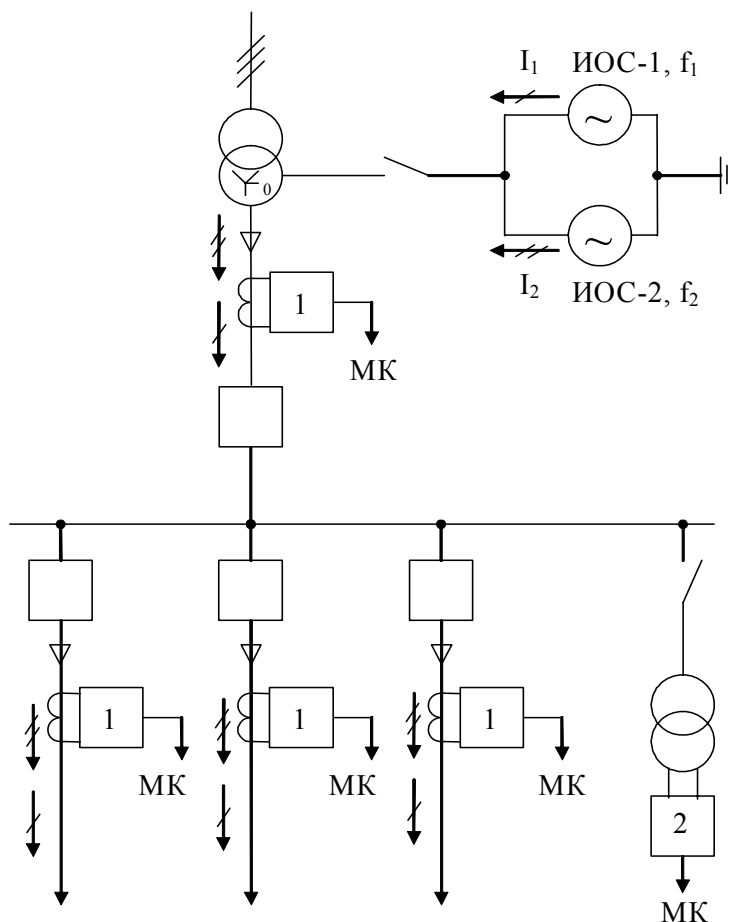


Рис. 6. Схема, поясняющая метод непрерывного контроля параметров изоляции распределительной сети: 1 – устройство выделения и обработки оперативных токов; 2 – устройство выделения и обработки оперативных напряжений



Для указанных целей мы предлагаем использовать метод непрерывного измерения значений составляющих сопротивления изоляции сети относительно земли под рабочим напряжением, основанный на использовании наложенных на сеть оперативных токов не промышленной частоты. Суть предложенного метода непрерывного и оперативного контроля параметров изоляции относительно земли электрической сети и ее элементов состоит в том, что на электрическую сеть одновременно накладываются два оперативных синусоидальных сигнала (источники ИОС-1 и ИОС-2), частоты которых не равны между собой и отличаются от промышленной. На контролируемых участках (линии или присоединении), а также в месте подключения оперативного источника устанавливаются устройства, назначением которых

является снятие параметров оперативных сигналов и их соответствующая обработка с целью определения в указанных точках значений оперативных токов и напряжений (рис. 6, см. выше). Зафиксированные (с заданной скважностью сканирования) параметры оперативных сигналов в цифровом виде подаются на входы микроконтроллера МК, где используются для вычисления и передачи по заданному адресу обновляемых значений параметров изоляции.

Значения активного сопротивления изоляции  $R$ , индуктивности компенсирующего устройства  $L_p$  и суммарной емкости  $C$  относительно земли трех фаз всей сети или соответствующего контролируемого участка (присоединения) рассчитываются на основании измеряемых параметров оперативных сигналов по выражениям:

$$R = U_1 U_2 \sqrt{\frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{U_2^2 I_1^2 \omega_2^2 - U_1^2 I_2^2 \omega_1^2}}; \quad L_0 = \frac{U_1 U_2}{\omega_1 \omega_2} \sqrt{\frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{U_1^2 I_2^2 - U_2^2 I_1^2}}; \quad C = \frac{1}{U_1 U_2} \sqrt{\frac{U_2^2 I_1^2 - U_1^2 I_2^2}{(\omega_1^2 - \omega_2^2)}}, \quad (6)$$

где  $U, I, \omega$  – значения соответственно напряжения, тока и угловой частоты накладываемых оперативных синусоидальных сигналов частотой  $f_1$  и  $f_2$ .

Таким образом, применение микроконтроллеров или микро-ЭВМ позволяет предложенный метод использовать:

- для оперативной оценки значений активного сопротивления изоляции как всей сети в целом, так и каждого из присоединений распределительной сети;
- для оперативной оценки уровня емкости относительно земли как всей сети в целом, так и каждого из присоединений распределительной сети;
- для оперативного измерения значения индуктивности дугогасящего реактора (компенсирующего устройства);
- для автоматической настройки компенсирующего устройства в резонанс с емкостью распределительной сети;
- для выполнения избирательной защиты от утечек, защиты от замыканий на землю или сигнализации в системах электроснабжения независимо от конфигурации и режима работы нейтрали сети.

### Выводы

1. Режим работы нейтрали высоковольтных распределительных сетей горных предприятий существенно влияет на уровень внутренних перенапряжений, на повреждаемость электрических сетей и оборудования.
2. Более высокой надежностью обладают электрические сети с резистором в нейтрали за счет улучшения качества работы устройств защиты от однофазных замыканий на землю, исключения феррорезонансных процессов и уменьшения повреждаемости элементов системы электроснабжения.
3. Предложены варианты, обеспечивающие исключение неоправданных срабатываний защит от за-

мыканий на землю и соответствие их параметров нормативным документам в системах электроснабжения при двухступенчатой схеме распределения.

4. Для прогнозирования уровня электробезопасности и надежности электрических сетей и установок разработан метод непрерывного и селективного контроля изоляции фаз сети относительно земли, основанный на использовании би-частотных оперативных сигналов.

### Список литературы

1. Лихачев Ф.В. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. – М.: Энергия, 1972. – 151 с.
2. Пивняк Г.Г., Шкрабец Ф.П. Несимметричные повреждения в электрических сетях карьеров: Справочное пособие. – М.: Недра, 1993. – 192 с.
3. Самойлович И.С. Режимы нейтрали электрических сетей карьеров. – М.: Недра, 1976. – 175 с.
4. Сирота И.М., Кисленко С.Н., Михайлов А.М. Режимы нейтрали электрических сетей. – К.: Наукова думка, 1985. – 264 с.
5. Микрюков В.И. Устранение ложных отключений линий защитами от замыканий на землю в распределительных сетях разрезов и карьеров // Промышленная энергетика. – 1981. – № 9. – С. 41-43.
6. Перенапряжения в сетях 6-35 кВ / Ф.А. Гиндуллин, Г.Г. Гольштейн, А.А. Дульзон, Ф.Х. Халилов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 192 с.
7. Шкрабец Ф.П., Баласмех Ф.К., Скосырев В.Г. Комбинированный режим работы нейтрали распределительных сетей напряжением 6-35 кВ // Гірнична електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2000. – Вип. 65. – С. 46-51.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Ю.Т. Разумним 15.12.08

УДК 622.778-52

Убай Юсеф Саламах Аль Мададха

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ МАССОВОЙ ДОЛИ ЖЕЛЕЗА В ХВОСТАХ МАГНИТНОГО СЕПАРАТОРА

Запропоновано метод автоматичного контролю масової частки заліза в немагнітному продукті магнітного сепаратора. Результати експериментального дослідження методу показали його ефективність.

Предложен метод автоматического контроля массовой доли железа в немагнитном продукте магнитного сепаратора. Результаты экспериментальных исследований метода показали его эффективность.

The automatic checking of mass stake of iron method is offered in the nonmagnetic product of magnetic separator. The design of the method show its efficiency.

*Состояние вопроса.* Магнитные сепараторы нашли широкое применение на железорудных обогатительных фабриках. При автоматизации магнитных сепараторов необходимо автоматически контролировать массовую долю железа в магнитном продукте сепаратора – концентрате и в его немагнитном продукте – хвостах.

Для автоматизации процесса магнитной сепарации необходимо автоматически контролировать массовую долю железа в концентрате и хвостах. В работе [1] предложено контролировать массовую долю железа в концентрате по величине индукции магнитного поля в рабочей зоне магнитного сепаратора. В качестве чувствительного элемента предложено использовать линейный магнитный резистор из висмутосодержащей проволоки, расположенной вдоль поверхности магнитной системы сепаратора в его рабочей зоне. Величина сопротивления магнитного резистора пропорциональна магнитной индукции и массовой доле железа. Массовые доли железа в концентрате  $\beta_k$  и хвостах  $\beta_x$  изменяются в пределах  $40\% < \beta_k < 65\%$ ,  $2\% < \beta_x < 6\%$ .

Экспериментально установлено, что рассмотренный выше метод измерения не дал положительного эффекта при измерении массовой доли железа в хвостах вследствие недостаточной чувствительности линейного магнитного резистора.

Целью данной работы является научное обоснование требований к системе автоматического контроля массовой доли железа в хвостах магнитного сепаратора. В работе [1] для измерения магнитной индукции в точке рабочей зоны магнитного сепаратора было предложено в качестве чувствительных элементов новые магнитно-рекомбинационные элементы, обладающие высокой чувствительностью. В зоне выделения хвостов магнитное поле сепаратора имеет пространственно распределенную структуру.

Вследствие точечного характера измерений измерительный элемент системы автоматического контроля массовой доли железа в хвостах должен иметь вид пространственно распределенной сетки, расположенной на поверхности полюсных наконечников.

Схема расположения чувствительных элементов имеет вид (рис. 1):

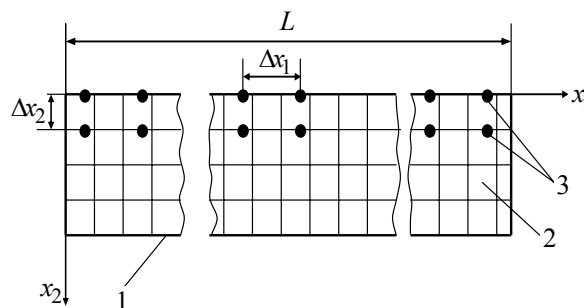


Рис. 1. Схема расположения чувствительных элементов в рабочей зоне сепаратора: 1 – барабан сепаратора; 2 – полюса магнитной системы; 3 – магнитные резисторы; L – длина барабана;  $x_1$ ,  $x_2$  – координаты;  $\Delta x_1$ ,  $\Delta x_2$  – шаг размещения магниторезисторов

Если датчики расположены в углах ортогональной сетки двумерного пространства  $x_1$ ,  $x_2$  с шагами  $\Delta x_1$ ,  $\Delta x_2$ , то ступенчатая интерполяция имеет вид

$$y^*(x_1 + \xi_1, x_2 + \xi_2) = y(x_1, x_2);$$

$$-\frac{\Delta x_2}{2} \leq \xi_1 \leq \frac{\Delta x_1}{2}; -\frac{\Delta x_2}{2} \leq \xi_2 \leq \frac{\Delta x_2}{2}.$$

Линейная интерполяция внутри ячейки  $\Delta x_1$ ,  $\Delta x_2$  сводится к проведению четырех плоских треугольников, каждый из которых опирается на 2 точки, соответствующие соседним вершинам ячейки, и одну точку, соответствующую середине ячейки (рис. 2); так как в средней точке измерения  $y$  не производится, то для нее берется

$$y_e = \frac{1}{4}(y_a + y_b + y_c + y_d).$$

Интерполяция производится по уравнению плоскости, проходящей через три точки. Например, для треугольника  $ABE$

$$y_{ABE}^*(x_1, x_2) = (1 - \frac{2\xi_1}{\Delta x_1})y(x_1 - \xi_1, x_2 + \xi_2) + (\frac{\xi_2}{\Delta x_2} - \frac{\xi_1}{\Delta x_1})[y(x_1 - \xi_1, x_2 - \xi_2 + \Delta x_2) - y(x_1 - \xi_1, x_2 - \xi_2)] + \frac{\xi_1}{2\Delta x_1}[y(x_1 - \xi_1, x_2 - \xi_2) + y(x_1 - \xi_1 + \Delta x_1, x_2 - \xi_2 + \Delta x_2) + y(x_1 - \xi_1 + \Delta x_1, x_2 - \xi_2) + y(x_1 - \xi_1, x_2 - \xi_2 + \Delta x_2)].$$

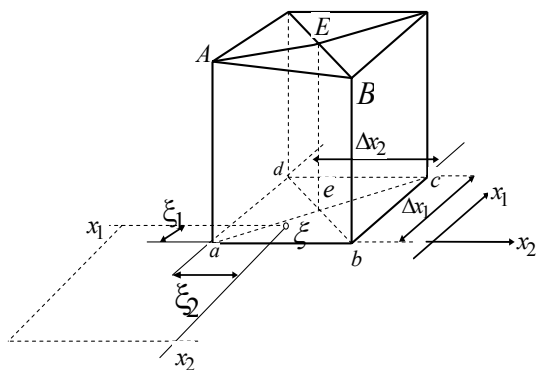


Рис. 2. К интерполяции в двумерном пространстве

В книге [3] получена формула, связывающая допустимую погрешность измерения характеристики  $y$  магнитного поля с шагом размещения датчиков в точках поля: для двумерного его распределения на поверхности полюсных наконечников

$$\varepsilon^2 = 2\sigma_x^2 + \sigma_n^2 - \frac{16\sigma_x^2}{\alpha^3 \Delta x^3} \left( 1 - e^{-\frac{\alpha^2 \Delta x}{2}} \right)^3. \quad (1)$$

Отсюда определяем шаг размещения датчиков  $\Delta x$ .

Автокорреляционная функция полезного сигнала

$$R_x = \sigma_x^2 e^{-\alpha(|x_1|+|x_2|)}.$$

Автокорреляционная функция помехи

$$R_n = \sigma_n^2 e^{-\beta(x_1^2+x_2^2)}.$$

Здесь  $\alpha, \beta$  – параметры автокорреляционной функции полезного сигнала  $x(t)$  и помехи;  $\sigma_x^2$  – дисперсия полезного сигнала;  $\sigma_n^2$  – дисперсия помехи;  $\varepsilon^2$  – дисперсия погрешности измерения магнитной индукции поля.

Пусть  $\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x$ ;  $\alpha = 0,02$ ;  $\sigma_x^2 = 0,015$ ;  $\sigma_n^2 = 0,0027$ .

Выполним расчет по формуле (1) и построим график зависимости допустимой дисперсии от шага размещения датчиков  $\Delta x$ .

При допустимой дисперсии измерения магнитного поля  $\varepsilon_0^2 = 0,0025$  шаг размещения датчиков

$0,2\text{ м} \leq \Delta x \leq 0,3\text{ м}$ , то есть практически равен шагу магнитной системе сепаратора  $S$ . Конструктивно удобно принять  $\Delta x = S$ .

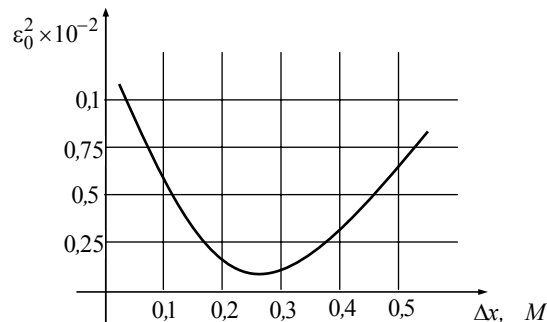


Рис. 3. График зависимости дисперсии измерения магнитного поля  $\varepsilon_0^2$  от шага размещения датчиков магнитной индукции  $\Delta x$

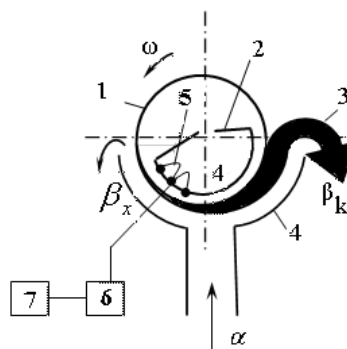


Рис. 4. Функциональная схема системы автоматического контроля массовой доли железа в хвостах: 1 – барабан магнитного сепаратора; 2 – магнитная система; 3 – слой концентрата; 4 – ванна сепаратора; 5 – датчик; 6 – усилительно-преобразовательный блок; 7 – вторичный прибор

Функциональная схема системы автоматического контроля массовой доли железа в хвостах представлена на рис. 4. Барабан магнитного сепаратора 1 вращается со скоростью  $\omega$ . Железородная пульпа с массовой долей железа  $\alpha$  поступает в ванну 4 сепаратора, где под воздействием магнитной системы 2 формируется слой концентрата 3 с массовой долей железа  $\beta_k$ . Массовая доля железа в хвостах  $\beta_x$  определяет массовую долю железа на поверхности барабана в зоне установки пространственно распределенного датчика 5 магнитной индукции. Сигнал этого датчика  $\Delta$  через усилительно-преобразовательный блок 6 поступает на вторичный прибор 7, который показывает массовую долю железа в хвостах магнитного сепаратора.

Анализ расчетных данных позволил сделать следующие выводы: для минимизации дисперсии измерения магнитного поля в зоне выделения хвостов магнитного сепаратора при измерении массовой доли железа в хвостах по величине магнитной индукции

магниточувствительные элементы необходимо разместить с интервалом, равным шагу магнитной системы сепаратора.

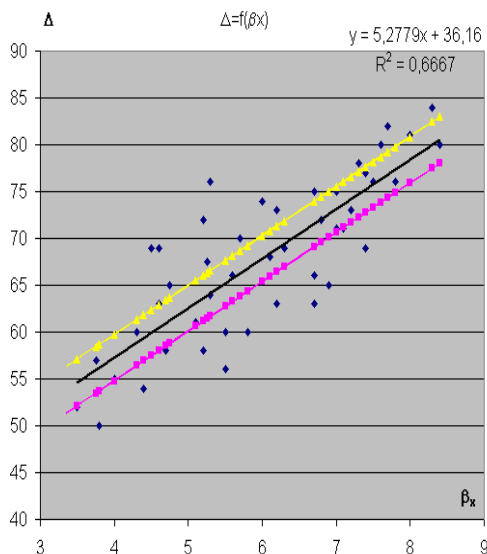


Рис. 5. Статическая характеристика системы автоматического контроля

При этом чувствительный элемент системы автоматического контроля массовой доли железа в хвостах представляет собой ортогональную сетку на поверхности барабана сепаратора, в узлах которой размещены магниточувствительные элементы электрически, соединенные последовательно.

Экспериментальные исследования системы автоматического контроля массовой доли магнитного железа в хвостах магнитного сепаратора проводились на магнитных сепараторах типа ПБМ-ПП-120/300 в условиях фабрики обогащения №3 Лебединского ГОКа. Статическая характеристика системы  $\Delta = f(\beta_x)$  представлена на рис. 5. Точность контроля массовой доли железа в хвостах составила 5,48% относительных единиц.

Дальнейшими исследованиями предусматривается экспериментальное исследование системы автоматического регулирования массовой доли железа в хвостах в промышленных условиях магнитообогажительных фабрик.

**Список литературы**

1. Кочура Е. В., Ислам Абдельхамид Юсеф Аль Бостанжи. Метод автоматического контроля массовой доли железа в концентрате магнитного сепаратора // Науковий вісник НГУ. – 2005. – № 10. – С. 86-89.
2. Кочура Е.В., Коломиец В.И. Разработка и экспериментальные исследования устройства для автоматического контроля и управления магнитным полем сепаратора // Обогащение руд. – 1991. – № 6. – С. 30-31.
3. Чернов Л.А. Измерения полей в средах со случайными неоднородностями. – М.: Изд-во АН СССР, 1967. – 354 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Є.В. Кочурою 15.12.08

УДК 622.28.004.18

**Г.Г. Пивняк, В.В. Косарев, Н.И. Стадник, В.В. Ткачев**

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Розглянуто питання підвищення енергетичної ефективності вугільної галузі за рахунок впровадження високопродуктивного встаткування нового покоління – двостоякових щитових кріплень КД90, ДМ, КДД і ДТ.

Рассмотрены вопросы повышения энергетической эффективности угольной отрасли за счет внедрения высокопроизводительного оборудования нового поколения – двухстоечных щитовых крепей КД90, ДМ, КДД и ДТ.

Questions for energetic efficiency increase in coal branch by introducing of highly productive equipments of a new generation – double-rack shield lining KD90, DM, KDD and DT are described.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Угольная промышленность Украины является крупнейшим потребителем электроэнергии (около 9 млрд. кВт·ч/год) [1]. Добыча угля шахтным способом является энергоемким производством.

Эффективность использования электрической энергии на угольных предприятиях характеризуется величиной удельного электропотребления (кВт·ч/т) – комплексным показателем технического и технологического

уровня производства, а также рационального использования электроэнергии. На величину удельного энергопотребления влияют: объем добычи угля и способ его выемки, способ проведения подготовительных выработок, протяженность транспорта, глубина залегания, мощность и угол падения пластов, крепость угля и проходимых пород, водо- и газообильность, протяженность поддерживаемых выработок, техническая оснащенность.

Следует отметить, что для целого ряда шахт значительная энергоемкость добычи угля определяется низкой производительностью, а также изношенностью и неудовлетворительным техническим уровнем оборудования.

Существенным потенциалом энергосбережения и уменьшения удельного электропотребления в угольной отрасли является повышение эффективности производства, обеспечение стабильной и высокопроизводительной работы угольных предприятий.

**Анализ исследований и публикаций.** Объективным фактором, обуславливающим значительное удельное энергопотребление украинских шахт, являются сложные горно-геологические условия пластов Украины, характеризующихся малой мощностью (в среднем 1,2 м), преимущественно неустойчивыми боковыми породами, наличием значительного количества геологических нарушений.

Для удельного расхода электроэнергии угольных предприятий Украины характерен большой разброс значений. За первые три квартала 2008 г. минимальные показатели свойственны (в кВт·ч/т): ГП «Свердловантрацит» (43,48), ГП «Ровенькиантрацит» (50,73), ГП «Львовуголь» (57,58). В числе предприятий с наиболее высокими удельными энергозатратами – ГП «Артемуголь» (394,45 кВт·ч/т), ГП «Дзержинскуголь» (403,6 кВт·ч/т), ГП «Орджоникидзеуголь» (429,22 кВт·ч/т). Диапазон изменения среднего удельного электропотребления за период с 2000 по 2007 годы – от 105,2 до 83 кВт·ч/т.

Для сравнения: за 1981-1990 годы по статистике Минуглепрома СССР средний удельный расход электроэнергии по украинским шахтам возрос с 63,7 до 84,0 кВт·ч/т (при этом объем добычи угля за год снизился со 184,6 до 158,3 млн. т, средняя глубина разработки увеличилась с 593 до 659 м). В этот период среднесуточная нагрузка на один забой составляла 311 т, на комплексно-механизированный забой (КМЗ) – 548 т.

Доля электроэнергии в общем балансе энергопотребления шахт составляет 80-90% [1]. Структура его по основным технологическим звеньям в среднем по отрасли характеризуется следующими показателями (в процентах): общешахтная вентиляция – 20; водоотливные установки – 17,6; компрессорные установки – 10,6; подъемные установки по выдаче угля, породы, спуску и подъему людей, материалов, оборудования – 11; подземный транспорт – 12; проведение подготовительных выработок – 10; выемка и транспортировка угля из очистных забоев – 8; дегазация – 1,3; охлаждение воздуха – 0,4; прочие нужды (технологический комплекс на поверхности, котельные, механические мастерские, административно-бытовые комбинаты) – 7,1 [1].

Всю электроэнергию  $W_i$ , потребляемую шахтой в  $i$ -м году, можно представить в виде двух слагаемых: постоянной составляющей, не зависящей от производительности, и переменной, пропорциональной производительности шахты [2]:

$$W_i = W_{ci} + a_{vi}A_i, \quad (1)$$

где  $W_{ci}$  – постоянная составляющая, не зависящая от производительности шахты;  $a_{vi}$  – удельный технологический расход электроэнергии на единицу продукции без учета расхода энергии на вспомогательные цели;  $A_i$  – объем добычи шахты.

Постоянная составляющая включает энергию, потребляемую такими непроизводственными установками, как вентиляторные, водоотливные, калориферные, людской подъем, собственные нужды этих установок и шахты в целом. На процессы, непосредственно не связанные с добычей угля, расходуется 57-80% всей потребляемой электроэнергии [3].

К переменной составляющей  $a_{vi}A_i$  относится электроэнергия, потребляемая оборудованием, непосредственно обслуживающим технологический процесс (очистные и подготовительные работы, транспорт и т. д.).

Полный удельный расход электроэнергии  $a_i$  с учетом (1):

$$a_i = \frac{W_{ci}}{A_i} + a_{vi} = a_{ci} + a_{vi}, \quad (2)$$

где  $a_{ci}$  – составляющая удельных энергозатрат, определяемая электроэнергией, не зависящей от производительности шахты.

Как следует из (2), увеличение объема добычи обуславливает уменьшение удельного электропотребления и связанное с этим снижение себестоимости угледобычи.

**Постановка задачи.** Цель данной работы – исследовать возможности повышения энергетической эффективности (снижения удельного электропотребления) шахт, а также угольной отрасли в целом за счет возрастания нагрузок на лавы, в том числе благодаря внедрению новой высокопроизводительной техники, разработанной ГП «Донгипроуглемаш».

**Изложение материала и результаты.** Расчетную экономию электроэнергии за счет увеличения производительности шахты (и отрасли в целом) можно определить по формуле (3):

$$\Delta W_t = A_t(a_0 - a_t), \quad (3)$$

где  $\Delta W_t$  – экономия электроэнергии в  $t$ -м году по сравнению с базовым (сравниваемым) годом;  $A_t$  – добыча в  $t$ -м (исследуемом) году;  $a_0$  и  $a_t$  – удельные энергозатраты в базовом и исследуемом  $t$ -м годах соответственно.

Снижение удельных энергозатрат  $\Delta a_t$  в исследуемом году по сравнению с базовым:

$$\begin{aligned} \Delta a_t = a_0 - a_t &= \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \frac{W_{c_0}}{A_0} + \frac{\Delta W_{ct}}{A_t} + \Delta a_{vt} = \\ &= \psi_0 \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \frac{W_0}{A_0} + \frac{\Delta W_{ct}}{A_t} + \Delta a_{vt}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $W_{c_0}$  – постоянная составляющая, не зависящая от производительности в базовом году;  $A_0$  – добыча в базовом году;  $\alpha$  – коэффициент роста добычи в ис-

следуємо  $t$ -м году относительно базового;  $\psi_0$  – доля постоянной составляющей в общем расходе электроэнергии в базовом году;  $W_0$  – электроэнергия, израсходованная в базовом году;  $\Delta W_{ct}$  – изменение постоянной составляющей в общем расходе электроэнергии в  $t$ -м (исследуемом) году;  $\Delta a_{vt}$  – сокращение удельных технологических энергозатрат в  $t$ -м (исследуемом) году.

Составляющая  $\psi_0 \frac{W_0}{A_0} (1 - \frac{1}{\alpha})$  представляет собой снижение удельных энергозатрат  $\Delta a_{ct}$  за счет увеличения объема добычи:

$$\Delta a_{ct} = \psi_0 \frac{W_0}{A_0} (1 - \frac{1}{\alpha}) = \psi_0 a_0 (1 - \frac{1}{\alpha}). \quad (5)$$

Принимая во внимание (5), относительное изменение удельных энергозатрат  $\frac{\Delta a_{ct}}{a_0}$  за счет увеличения

объема добычи в исследуемом  $t$ -м году по сравнению с базовым:

$$\frac{\Delta a_{ct}}{a_0} = \psi_0 (1 - \frac{1}{\alpha}). \quad (6)$$

Из (6) видно, что относительное снижение удельных энергозатрат  $\frac{\Delta a_{ct}}{a_0}$  определяется долей постоянной составляющей энергопотребления  $\psi_0$  и коэффициентом роста добычи  $\alpha$ .

Исходя из (3) и (4):

$$\Delta W_t = \psi_0 (\alpha - 1) W_0 + \Delta W_{ct} + \Delta a_{vt} A_t. \quad (7)$$

С учетом (7) расчетное уменьшение расхода электроэнергии  $\Delta W_c$  стационарными установками, формирующими постоянную составляющую энергопотребления:

$$\Delta W_c = \psi_0 (\alpha - 1) W_0 = \psi_0 (\alpha - 1) a_0 A_0. \quad (8)$$

Зависимость относительного и абсолютного снижения удельных энергозатрат в зависимости от роста объема добычи приведена на рис. 1 и в табл. 1.

Из данных, приведенных на рис. 1 и в табл. 1, можно сделать следующие выводы:

- даже для шахт с низким удельным энергопотреблением (40 кВт·ч/т) при увеличении добычи шахты в 1,2-2 раза снижение удельных энергозатрат составляет 3,34-10 кВт·ч/т (доля постоянной составляющей в общем расходе электроэнергии 50%); 5,33-16 кВт·ч/т (доля постоянной составляющей 80%).

- если удельные энергозатраты составляют 100 кВт·ч/т, возрастание добычи в 1,2-2 раза приводит к уменьшению удельных энергозатрат на 8,33-25 кВт·ч/т (доля постоянной составляющей в общем расходе электроэнергии составляет 50%); 13,3-40 кВт·ч/т (доля постоянной составляющей 80%);

- для шахт с удельным электропотреблением, равным 150 кВт·ч/т, при повышении объема добычи в 1,2-2 раза удельные энергозатраты снижаются на 12,5-37,5 кВт·ч/т (доля постоянной составляющей в

общем расходе электроэнергии составляет 50%); 20-60 кВт·ч/т (доля постоянной составляющей 80%).

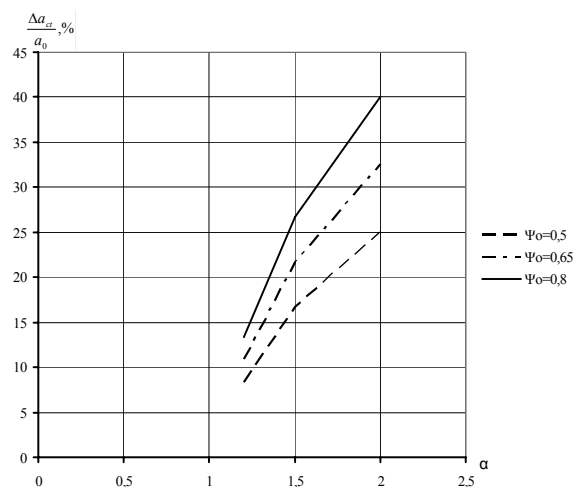


Рис. 1. Зависимость относительного снижения удельных энергозатрат  $\frac{\Delta a_{ct}}{a_0}$  от коэффициента роста объема добычи  $\alpha$  в среднем за год

Главным фактором повышения нагрузок на лавы является техническое переоснащение угольных шахт. В период с 2001 по 2007 годы в Украине разработано и внедрено высокоэффективное оборудование нового поколения для комплектации очистных забоев [4]:

- двухстоечные щитовые крепи ДМ, КДД, ДТ и ДТР со сроком службы до капитального ремонта не менее 8 лет, с повышенной несущей способностью и раздвижностью практически для всех возможных к промышленной отработке шахтопластов Украины в диапазоне свыше 0,85 м;

- высокопроизводительные очистные комбайны УКД300, КДК400, КДК500 и КДК600, оснащенные бесцепными системами подачи на базе частотно-регулируемого привода для пластов от 0,85 до 3,6 м и производительностью от 10 до 24 т/мин;

- ряд энерговооруженных скребковых забойных конвейеров, в том числе двухскоростные типа КСД: КСД26, КСД26В (установленная мощность привода 2x55/160 или 3x55/160 кВт, производительность 516 т/ч), КСД27 (мощность 2x65/200 кВт или 3x65/200 кВт, производительность 840 т/ч) и КСД29 (установленная мощность привода 2x120/360 кВт, производительность 1260 т/ч);

- насосные станции СНД200/32 и СНД300/40, а также их исполнения СНД200/32-05 и СНД300/40-05, обеспечивающие высокопроизводительную работу всех известных типов крепей. Насосные станции отличаются тем, что состоят из двух автономных насосных агрегатов и бака, причем система управления обеспечивает как независимую работу насосных агрегатов (каждый работает на своего потребителя), так и параллельную на общего потребителя (при обслуживании высокопроизводительных механизированных комплексов или в составе центральных насосных станций).

Таблица 1

Анализ энергозатрат при добыче угля

Энергопотребление базового периода			Снижение удельных энергозатрат $\Delta a_{ct}$ за счет увеличения объема добычи в исследуемом периоде по сравнению с базовым, кВт·ч/т		
Удельные энергозатраты $a_0$ в базовом году, кВт·ч/т	Доля постоянной составляющей в общем расходе электроэнергии $\psi_0 \cdot 100$ , %	Часть удельных энергозатрат $a_{c0}$ , определяемая постоянной составляющей, кВт·ч/т	Коэффициент роста нагрузки в среднем за год, $\alpha$		
			1,2	1,5	2
40	50	20,0	3,34	6,67	10,00
100		50,0	8,33	16,67	25,00
150		75,0	12,50	25,00	37,50
40	65	26,0	4,33	8,67	13,00
100		65,0	10,83	21,67	32,50
150		97,5	16,25	32,50	48,75
40	80	32,0	5,33	10,67	16,00
100		80,0	13,33	26,67	40,00
150		120,0	20,00	40,00	60,00

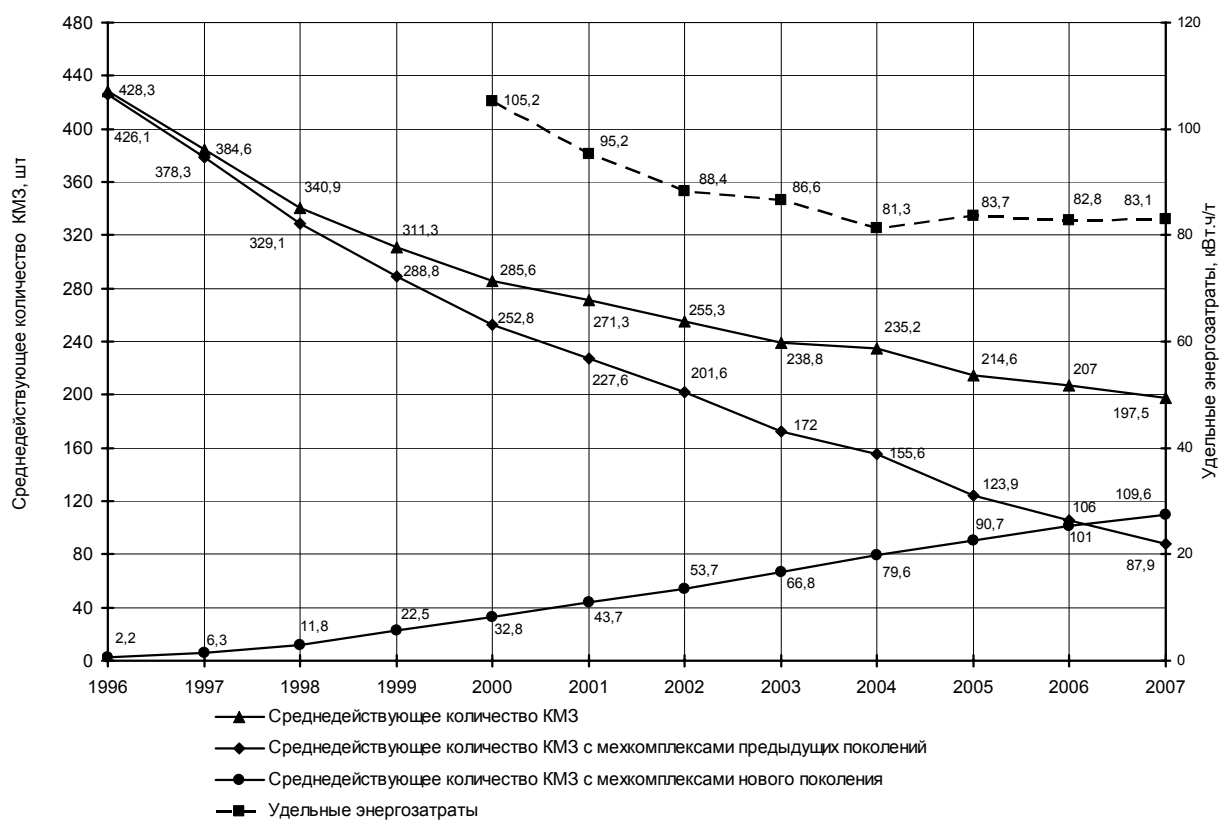


Рис. 2. Динамика изменения среднейдействующего количества комплексно-механизированных забоев и удельных энергозатрат за 1996-2007 гг.

В настоящее время на шахтах Украины широко используются очистные комплексы, оборудованные двухстоечными щитовыми механизированными крепями КД90, ДМ, КДД и ДТ. За период 1996-2007 гг., несмотря на сокращение среднедействующего количества очистных забоев в 2,6 раза (с 773,1 до 301,2 единиц), комплексно-механизированных забоев в 2,2 раза (с 428,3 до 197,5), в основном за счёт технического переоснащения угольных предприятий современными механизированными комплексами, объём добычи из КМЗ вырос на 9 млн. т – с 52,4 до 61,4 [4].

Среднестатистическая производительность выемки механизированными комплексами, оснащёнными оборудованием нового поколения (1185 т/сут), в 2-2,5 раза выше, чем у комплексов на базе техники предыдущих поколений (517 т/сут). Непрерывно растёт число комплексно-механизированных забоев, оснащённых современными мехкомплексами (рис. 2), объём добычи из них с 1996 по 2007 годы увеличился с 1,1 до 39,5 млн. т при одновременном снижении добычи из КМЗ с мехкомплексами предыдущих поколений с 51,3 до 21,9 млн. т [4].

При этом внедрение мехкомплексов нового уровня обеспечило повышение энергетической эффективности работы угольной отрасли за счёт снижения удельных энергозатрат со 105,2 до 83,1 квт·ч/т.

**Выводы.** Создание и внедрение высокопроизводительных угледобывающих комплексов нового поколения, помимо обеспечения высокоэффективной комплексно-механизированной отработки угольных пластов со сложными горно-геологическими условиями (среднестатистическая производительность выемки в 2-2,5 раза выше, чем у комплексов на базе техники предыдущих поколений), повышения безопасности и комфортности труда горняков очистного забоя, явилось мощным фактором энергосбережения и повышения энергетической эффективности угольной промышленности.

Комплектация КМЗ механизированными комплексами нового поколения, оборудованными двухстоечными щитовыми крепями КД90, ДМ, КДД и ДТ, обеспечила в 2000-2007 гг. стабилизацию добычи угля (78,1-83,4 млн. т) и снижение средних по отрасли удельных энергозатрат до 83 квт·ч/т. Последнее положительным образом сказалось на его себестоимости. Статья «Электроэнергия» для указанного показателя имеет существенное значение, в частности, в 2007 г. ее доля в среднем по отрасли составила около 10%.

К сожалению, по ряду причин экономического характера не все упомянутое выше оборудование нового поколения получило широкое распространение на предприятиях угольной промышленности, несмотря на высокие технико-экономические показатели, подтвержденные опытом эксплуатации.

### Список литературы

1. Логвиненко В.И., Грядущий Б.А. Энергопотребление и энергосбережение на угольных предприятиях // Уголь Украины. – 2003. – № 11. – С. 26-28.
2. Основы электроснабжения горных предприятий / Под общ. ред. С.А. Волотковского. – К.: Вища школа, 1978. – 272 с.
3. Особенности энергосбережения угольными предприятиями / Жуков Ю.П., Стехин А.П., Доценко С.А., Еременко А.А. и др. // Уголь Украины. – 2006. – № 10. – С. 12-14.
4. Решение научно-технических проблем при создании и внедрении современного горно-шахтного оборудования: Сб. научн. тр. / ГП «Донгипроуглемаш» / Под общ. ред. В.В. Косарева, Н.И. Стадника. – Донецк: Астро, 2008. – 800 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. В.В. Слесаревим 27.11.08*

УДК 622.232.72

**В.В. Косарев, Н.И. Стадник, И.В. Косарев, Ю.И. Варшавский, В.В. Ткачев**

## ПОДДЕРЖАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭМУЛЬСИИ В ГИДРОСИСТЕМЕ ОЧИСТНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Розглянуто питання підвищення надійності роботи гідросистеми очисних комплексів за рахунок створення спеціальної установки для готування емульсії й технології її експлуатації.

Рассмотрены вопросы повышения надежности работы гидросистемы очистных комплексов за счет создания специальной установки для приготовления эмульсии и технологии ее эксплуатации.

Questions for cleansing complexes hydrosystem work reliability increasing by creation of special plant for emulsion making and technology of it exploitation with guarantee of pulp corrosion activity decrease.

Забойная механизированная крепь – самое дорогостоящее и затратоёмкое оборудование для угледобывающей промышленности. Передачу усилия для вы-

полнения крепью команд осуществляет гидравлическая рабочая жидкость – эмульсия на водной основе с добавками, предотвращающими коррозию металличе-



ских компонентов проточной части гидросистемы крепи и снижающими трение скольжения воды.

Основным требованием, предъявляемым к гидравлическим жидкостям в угольных шахтах, является «трудновоспламеняемость продукта», что обеспечивается при применении их высоким водосодержанием.

Международное обозначение данного типа жидкости – HFA, где *H* – hydraulic fluid (гидравлическая жидкость); *F* – fire-resistant (трудновоспламеняемая); *A* – обозначение группы.

В свою очередь HFA подразделяются на жидкости с высоким и низким содержанием минерального масла.

Перечень известных типов эмульсий приведен в табл. [1-6]. В табл. 2 приведена сравнительная характеристика их концентратов по данным [7].

Проанализируем основные характеристики концентратов эмульсий, приведенных в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Перечень известных типов эмульсий, применяемых в угольных шахтах Украины и СНГ

Классические («масло в воде») и полусинтетические HFA-E	Синтетические (водные растворы) HFA-S
«АЗМОЛ ЭГС», «АЗМОЛ ЭГС-1М» (Бердянский завод АЗМОЛ, ОАО «Азовские смазки и масла», Украина)	«СУПТ» (ООО «Холдинг-центр, Украина)
ФМИ-РЖ (Львовский опытный нефтезавод, Украина)	«Универсал-1РЖ» (ЧП «Славнефтехим», г.Славянск, Донецкой области, Украина)
«Универсал-РЖ» (Ай-Си-Эн Компани Лтд, г.Славянск, Донецкой области, Украина)	
«SOLCENIC 2020»; «SOLCENIC PL PLUS»; «SOLCENIC GM30» (Группа FUCHS, Польша, Англия, Германия)	«HYDROCOR GS 460 NH» («STUART», Германия)
«Fimitol P 87 AF» («Carl Bechem GmbH», Германия)	«Lubrimont AS» («TIEFENBACH», Германия)
«ISOMONT MX 130»; «ISOMONT MX 150»; «ISOMONT MX 450» («STUART», Германия)	
«Quintolubrik N807-ALG» («Quaker», СНГ)	

Таблица 2

Сравнительные характеристики концентратов

Показатель	Раствор HFA-S	Эмульсия HFA-E	
	не содержат минерального масла – «синтетические»	с низким содержанием минерального масла – «полусинтетические»	с высоким содержанием минерального масла – «классические»
Концентрация	прим. 5%	1-3%	1-3%
Температура замерзания	до -5° С	до -15° С	до -25° С
Совместимость с цинком	плохая	средняя	хорошая
Стабильность в Z-вводе	хорошая	хорошая	хорошая
Защита от коррозии	хорошая	хорошая	хорошая
Смазывающие свойства	плохие	удовлетворительные	хорошие
Совместимость с уплотнителями	удовлетворительная	удовлетворительная	хорошая
Микробиологическая стабильность	высокая	высокая	удовлетворительная
Фильтруемость	очень хорошая	очень хорошая	хорошая
Ресурс простаиваемости	очень хороший	хороший	удовлетворительный
Необходимость контроля состояния	высокая	высокая	высокая
Нагрузка на окружающую среду	очень низкая	низкая	очень низкая
Себестоимость	высокая	низкая	высокая
«Эффект памяти»	плохой	удовлетворительный	хороший

Суть «Эффекта памяти» состоит в пассивировании трущихся и неподвижных поверхностей гидросистемы, омываемых эмульсией типа HFA-E с высоким содержанием минерального масла – образование

защитной пленки, способствующей появлению аварийной антизадирной способности и улучшению антикоррозионных свойств. Ценность этого явления в том, что, когда по определенным причинам может

возникнуть недостаточная концентрация эмульсии, можно в течение определенного времени избежать аварийной ситуации [8].

Однако здесь имеется и определенное противоречие, т.к. одной из таких причин является и сам «Эффект памяти», поскольку в ходе образования на омываемых эмульсией поверхностях (а площадь таких поверхностей в гидросистеме механизированной крепи очень большая) защитной пленки происходит обеднение эмульсии.

Кроме того, в случае перехода на другую эмульсию, несовместимую с предыдущей, гидросистема очистного комплекса должна быть тщательно промыта специальной жидкостью, которую предоставляет фирма-поставщик концентрата, чтобы удалить защитную пленку.

Что касается сред НФА-S, то они практически не обладают «Эффектом памяти», т.к. по своему строению состоят из полностью растворимых в воде веществ, которые, даже в случае их отложения на поверхностях, тут же смываются. В этом случае эффект растворимости, который рассматривается как решение проблемы стабильности, оборачивается негативной стороной – возникновением электрохимической, точечной и щелевой коррозии.

Наглядное сравнение основных характеристик показывает, что каждый из концентратов имеет свои отличительные особенности, преимущества и недостатки, но основные области их применения формируются и утверждаются в условиях конкуренции, исходя из накопленного производственным персоналом опыта их эксплуатации. Экономическую эффективность механизированного комплекса, в первую очередь, обеспечивают высокий ресурс и незначительные затраты на ремонт.

При ремонте и обслуживании механизированной крепи около 50% расходов приходится на повреждение, обусловленные коррозией [9]. Поэтому в системах рекомендуется применять безупречную во всех отношениях рабочую жидкость НФА с требуемой концентрацией, а также производить постоянный контроль состояния и качества гидравлической жидкости, руководствуясь требованиями на ее соответствие 7-му Люксембургскому отчету [10].

В зависимости от типа и качества применяемой воды значение концентрации известных эмульсолов в эмульсии составляет от 0,5 до 4-5%, что должно обеспечивать надежную защиту гидросистемы от коррозии и хорошие смазочные и антизадирные свойства.

Концентрация НФА в гидросистеме механизированной крепи подвержена системным изменениям. По мере увеличения длительности пребывания жидкости в гидросистеме концентрация уменьшается вследствие биологического разложения определенных веществ, а также отложения биологически активных веществ на защищаемых поверхностях («Эффект памяти»). Одновременно неизбежны потери жидкости в гидросистеме, которые необходимо компенсировать для сохранения эксплуатационных ха-

рактеристик крепи. Эти потери, как показали исследования на шахтах Донбасса, могут достигать более 2000 л на 1000 т добычи в зависимости от технического состояния элементной базы гидросистемы.

Исследования, проведенные на одной из шахт Германии, показали, что из-за недостаточной концентрации НФА произошли неподдающиеся ремонту коррозионные повреждения гидродомкратов передвижки и их пришлось заменить. Ущерб составил 280 000 евро [9].

Таким образом, задача устройств регулирования концентрации НФА состоит в том, чтобы компенсировать потери гидравлической жидкости в гидросистеме лавы и выдерживать заданную концентрацию НФА, в зависимости от типа эмульсола и качества применяемой технологической воды. На практике это решается тем, что по соображениям надежности устанавливается концентрация, ориентированная на самую высокую ожидаемую в процессе эксплуатации жесткость воды.

Руководствуясь этим, можно накопить необходимый опыт по поддержанию рекомендованной концентрации эмульсии при минимальных затратах на ее приготовление.

Мировая, а теперь и отечественная практика показывает, что регулирование и поддержание концентрации могут обеспечить только установки с автоматическим приготовлением эмульсии, размещенные непосредственно на месте ее применения, т.е. под лавой – в составе насосных станций.

В эксплуатируемых сейчас комплексах технические средства расположены от поверхности до забоя. Комплекс обеспечивает работы по водоподготовке – повышению температуры и понижению жесткости воды, приготовлению эмульсии, транспортировке готовой эмульсии по горным выработкам в специальной таре. При этом ежедневно на шахте с суточной добычей около 3000 т затрачиваются людские ресурсы не менее 10 чел.-смен и время, полезное для транспортировки горной массы [11, 12].

Отсутствие возможности под землей повлиять на концентрацию и качество приготовленной на поверхности эмульсии приводит к тому, что в течение длительного времени в гидросистеме лавы циркулирует эмульсия неудовлетворительного качества, вызывающая интенсивную коррозию вышеупомянутых элементов гидросистемы.

С появлением на отечественном угольном рынке качественных европейских концентратов (эмульсолов) с высокой степенью дисперсности (3 мкм и менее) и коллоидной стабильности, способных эмульгировать в шахтной воде с жесткостью до 17 мг-экв/л без предварительной водоподготовки (кроме фильтрации) и соответствующих требованиям 7-го Люксембургского отчета, стало возможным создать промышленный образец установки для приготовления эмульсии (далее «Установка») в составе насосных станций механизированных крепей.

В 2008 году ГП «Донгипроуглемаш» такую установку создал. Установка предназначена для автома-

тического приготовления рабочей жидкости (эмульсии) для гидросистем очистных агрегатов и механизированных крепей и стабильного поддержания нормативной концентрации эмульгирующего продукта (эмульсола) и контроля количества приготовленной эмульсии. Установка адаптирована с серийными насосными станциями типа СНТ и СНД. Шифр установки – УПРЖ.

Техническая характеристика установки представлена в табл. 3.

Установка УПРЖ (рис. 1 и 2) состоит из бака 1 для концентрата эмульсола с визуальным указателем 2 и датчиком 4 контроля уровня жидкости; сдвоенного щелевого фильтра 3 с манометрами и ручной обратной промывкой противотоком при помощи двух трехходовых шаровых кранов 7 и 10 для очистки подводимой через шаровой кран 5 к установке воды; рукавов 6 и 12 и коллектора 9 для удаления загрязнений при обратной промывке фильтра; рукава 8 для подачи очищенной воды в дозатор; редукционного клапана 13 с манометром для поддержания давления воды на входе в дозатор не более 0,8 МПа; дозатора 14 для дозирования и стабильного поддержания заданного процентного содержания концентрата эмульсола в эмульсии в пределах его диапазона регулирования (настройки); гибкой трубки 19, через которую эмульсол поступает в дозатор; счетчика-расходомера приготовленной эмульсии 16; выходного патрубка 17 для подачи эмульсии в бак насосной станции; пробки 18 для опорожнения и промывки бака; рамы 11, на которой закреплена установка с защитным кожухом 20.

Таблица 3

Техническая характеристика установки

Наименование параметра и размера	Значение
Рабочее давление воды на входе в установку, МПа	от 0,4 до 1,6
Расход воды, л/мин, не более	140
Расход эмульсола, л/мин, не более	3
Диапазон настройки концентрации эмульсола, %	0,2-2
Вместимость бака для эмульсола, дм <sup>3</sup> , не менее	400
Габаритные размеры, мм, не более:	
– длина	1400
– ширина	1000
– высота	1200
Масса (без эмульсола), кг, не более:	
– установки	300
– комплекта поставки	350

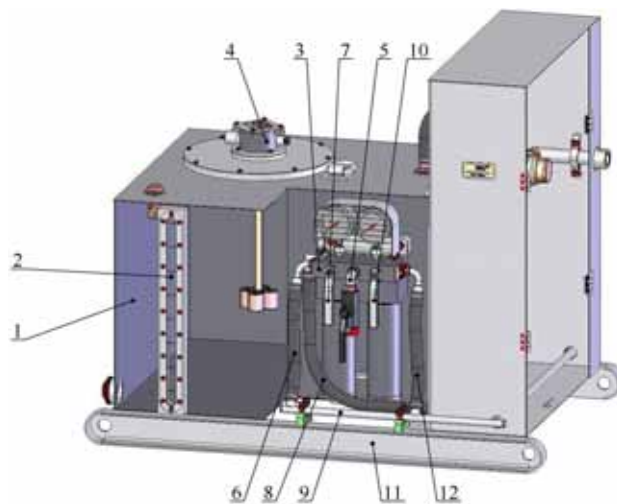


Рис. 1. Установка УПРЖ

Как правило, концентрат эмульсола поступает под лаву в фирменных бочках вместимостью 200 л. Для удобства его заливки в бак установки предусмотрен ручной перекачной насос 15.

Работа установки состоит в следующем. Для приготовления эмульсии необходимо открыть шаровый кран на входе в установку и тогда вода из противопожарного става или другого источника проходит фильтрацию и через редукционный клапан поступает в дозатор. В дозаторе имеется механизм регулирования объема поступающего в него посредством эжекции эмульсола. Затем эмульсол вместе с водой поступают в смешительную камеру дозатора, где происходит их интенсивное перемешивание.

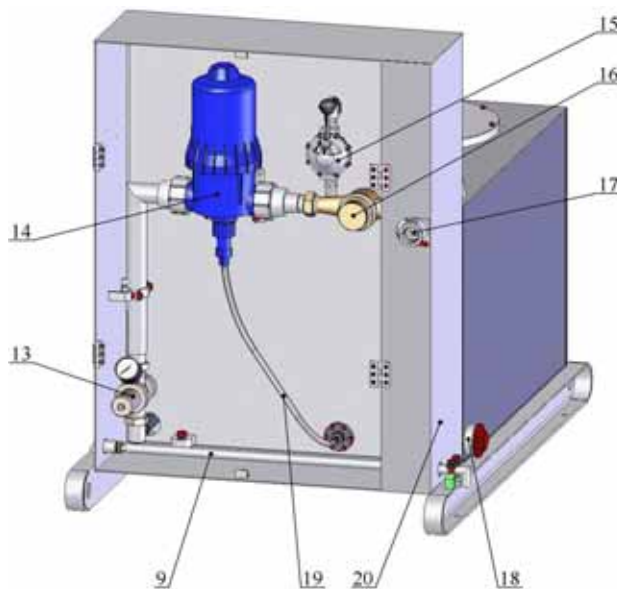


Рис. 2. Установка УПРЖ (вид со стороны)

Как было сказано выше, благодаря высокой степени дисперсности современных эмульсолов и барботажному способу перемешивания компонентов, на выходе из дозатора через счетчик-расходомер в бак

насосной станции поступает качественная эмульсия со стабильной концентрацией, которую можно устанавливать по шкале дозатора.

Во втором полугодии 2008 года установка прошла в установленном порядке приемочные испытания на ОП «Шахта «Южнодонецкая № 3» ГП «ДУЭК» в условиях 9-й восточной лавы пласта С11 участка № 6 в составе механизированного комплекса ЗМКД90 с насосной станцией СНТ32. Среднесуточная нагрузка на очистной забой – 1200 тонн.

Всего за период испытаний установкой было подготовлено около 200 м<sup>3</sup> с заданной однопроцентной концентрацией эмульсии на основе эмульсола Solcenik 2020. Контролировалась концентрация при

помощи ручного рефрактометра, который на сегодняшний день является единственным прибором, применяемым для этих целей в подземных условиях. Одно из достоинств этого метода измерения состоит в том, что он позволяет обойтись небольшим количеством жидкости [13].

В течение всего периода испытаний концентрация эмульсии была стабильной, в т.ч. и в сливной линии гидросистемы. Случаи коррозии элементов гидросистемы не установлены. Установка показала себя пригодной для условий подземной эксплуатации с точки зрения как конструкции, так и функционирования всех ее элементов.

Основные факторы экономической эффективности от применения автономной установки УПРЖ для приготовления эмульсии в сравнении с прежними способами, следующие:

- наличие бака с визуальным контролем уровня эмульсола (концентрата), рассчитанного на 400 л (две бочки). Это позволяет иметь постоянный запас концентрата, упрощает и снижает трудоемкость оборота возвратной тары;
- наличие закачного насоса, что существенно упрощает и облегчает перекачку концентрата из бочки в бак установки с минимальными потерями дорогостоящего продукта;
- наличие редуционного клапана, что позволяет автоматически поддерживать заданное давление на входе в дозатор и исключает его повреждение;
- наличие контрольно-измерительных приборов (рефрактометр, манометры, счетчик-расходомер эмульсии), что позволяет контролировать концентрацию эмульсии, параметры работы установки, определить ее ресурс по объему приготовленной эмульсии, давать количественную оценку потерям эмульсии и ее пополнения.

Вышеперечисленные основные факторы экономической эффективности установки в конечном счете позволяют:

- повысить ресурс механизированной крепи в части снижения коррозионного поражения проточной части ее гидросистемы;
- рационально и эффективно использовать дорогостоящий концентрат с минимальными потерями;
- снизить трудоемкость обслуживания и ремонта установки УПРЖ.

Отмечая эффективную и безотказную работу установки, междуведомственная комиссия рекомендовала ее к серийному производству.

На рис. 3 показана схема комплекса гидравлического оборудования замкнутой гидросистемы механизированной крепи с фильтрационными установками и установкой для приготовления эмульсии. Реализация схемы не вызывает проблем, поскольку все без исключения ее технические средства находятся в серийном производстве, а именно:

- насосная станция типа СНД-05, в состав которой входят два высоконапорных насосных агрегата для нагнетания эмульсии в гидросистему очистного забоя; щелевые полнопоточные высоконапорные

фильтры на 50 мкм с возможностью промывки противотоком рабочей жидкости; гидробак для размещения эмульсии вместимостью 2000 л с датчиком контроля уровня, который, в случае, если уровень эмульсии упадет ниже заданной отметки, подаст сигнал на отключение насосных агрегатов, т.е. предотвратит их работу «всухую»; фильтрационная установка на сливе в бак;

- секционные фильтры Ф12 и Ф20 на 50 мкм;
- индивидуальные фильтры для каждого гидрораспределителя в блоке управления;
- и, наконец, вышеописанная установка для приготовления эмульсии УПРЖ, в которой дополнительно установлен датчик контроля уровня эмульсола (концентрата) в баке, с возможностью передачи информации на диспетчерский пульт. В случае падения уровня до нижнего предела или, тем более, отсутствия эмульсола в баке, датчик подает сигнал через аппаратуру управления на отключение станции. Это исключит поступление в гидросистему вместо эмульсии, только технологической воды со всеми негативными для системы последствиями.

Такой комплекс технических средств образует фундамент высокоэффективной эксплуатации комплексно-механизированного очистного забоя.

### Выводы

В ходе очистных работ потери эмульсии, которые, в среднем, составляют не менее 2000 л на 1000 т добытого угля, и ее обеднение до концентраций, ниже допустимых по фактору коррозионной активности, неизбежны.

В связи с этим концентрация эмульсии должна регулярно контролироваться и ее доведение до минимально допустимой должно производиться за счет регулировки дозатора на более высокую концентрацию, значение которой может быть установлено только в ходе эксплуатации в конкретных горно-технических условиях с учетом возможных колебаний качества воды.

ГП «Донгипроуглемаш» разработана, изготовлена и испытана специальная установка УПРЖ для приготовления эмульсии, которая позволяет стабильно поддерживать минимально допустимую концентрацию эмульсии в гидросистеме крепи, снизить ее коррозионную активность и тем самым повысить ресурс

всех элементов проточной части гидросистемы и минимизировать затраты на эмульсию.

### Список литературы

1. Новая рабочая жидкость для гидросистем механизированных крепей / Васильев В.И., Варшавский Ю.И., Железняков Н.Т., Ильчишин О.В. // Уголь Украины. – 2002. – № 2-3.
2. Эмульсол АЗМОЛ ЭГС для гидросистем механизированных крепей / Васильев В.И., Варшавский Ю.И., Железняков Н.Т., Слишко С.Г. // Уголь Украины. – 2000. – № 10.
3. Карташев И.Ю., Шацкий А.С. Гидравлические жидкости Fuchs для угледобывающей промышленности // Уголь. – 2008, май.
4. С системой контроля качества гидравлической жидкости HFA от Тифенбах – коррозия в механизированной крепи под контролем // Уголь. – 2007, апрель.
5. Знакомьтесь: D.A.Stuart. КОУЛ Интернэшнл”, 2008. – Вып. 2. – С. 20-23.
6. Универсал-РЖ – новая эмульсионная жидкость для гидросистем горно-шахтного оборудования / В.С. Чижиков, З.Л. Финкельштейн, С.В. Кравец, А.В. Галкин // Уголь Украины. – 1999. – № 6.
7. Критерии подбора трудно воспламеняемой гидравлической жидкости типа HFA для применения в подземных и наземных условиях. Критический взгляд – ситуация 2007 г. // Горная техника 2008: каталог-справочник. – 2008. – С. 72.
8. Определение антифрикционных свойств гидравлических жидкостей HFA и обнаружение “Эффекта памяти” эмульсионных систем HFA / Хайнц Двудецки, Буркхард Пфендер, Виталий Прайс, Гвидо Толькамп // Глюкауф. – 2008, май. – № 1(2).
9. Оливер Лангефельд, Ханс-Херман Хунфельд, Армин Моцар. Контроль и регулирование состава гидравлической жидкости для экономичной эксплуатации щитовой крепи // Глюкауф. – 2006, август. – № 2(3).
10. Ройтер М., Векслер Ю. Влияние качества гидравлической жидкости на работу автоматизированной системы управления // Уголь, 2008. – январь.
11. Кохан П.С., Хольц Т.Е., Гюнтер Х.-Й. Об экономических результатах промышленных испытаний на шахтах ОАО «Павлоградуголь» концентрата для приготовления рабочей жидкости, соответствующего требованиям DIN EN 150 12922 в 7-го Люксембургского отчета // Глюкауф. – 2006, декабрь. – № 4.
12. Кохан П.С., Халимендик Ю.М., Смирнов С.Н. Опыт применения рабочей жидкости на основе концентрата «Фимитол-Р87ЕF». – ГП «Центральное бюро научно-технической информации» ГКХ «Павлоградуголь», 20.08.2004 г.
13. Вальтер Мессмер. Измерение содержания концентрата в трудно воспламеняющихся гидравлических жидкостях // Глюкауф. – 2005, май. – № 1(2).

*Рекомендовано до публікації д.т.н. В.В. Слесаревим 27.11.08*

УДК 331.214

И.В. Багрова

## К ВОПРОСУ ОПЛАТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-НАПРАВЛЕННОГО ТРУДА РАБОЧИХ НАИВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Обґрунтовано розробку нових концептуальних основ оплати працівників з вищою освітою, які задіяні як робочі.

Обоснована разработка новых концептуальных основ оплаты работников с высшим образованием, задействованных в функции рабочих.

Development of new conceptual bases of payment of workers with higher education, involved in the function of workers is grounded.

Зарботок всегда выступает основным мотивом выбора места работы (при соблюдении того принципа, что его величина будет напрямую зависеть от количества и качества труда). Но так как количество труда непосредственно определяется не только израсходованным рабочим временем (которое достаточно легко учесть), но и напряжённостью жизненных функций человека (что пока напрямую не поддаётся измерению), то происходит оплата труда опосредованно – либо через учёт отработанного времени, либо количества выработанной продукции, объёма оказанных услуг, выполненных работ и т.п. при учёте сопровождающих труд факторов: тяжести (в баллах) и условий труда (нормальные, тяжёлые, особо тяжёлые, вредные, особо вредные, горячие, подземные, высотные и т.д.).

В существующих тарифных сетках по оплате труда сельщиков и повременщиков показатели тем ближе к величине затраченного труда, чем проще был сам труд – т.е. для простого физического труда, механизированного и автоматизированного. В целом же они предназначены для работ, выполнение которых имеет большую физическую составляющую, проявляющуюся в двигательной функции органов тела (рук, ног, туловища). Современная научно-техническая революция делает технику всё более совершенной, а движения органов тела все менее необходимыми, сокращая мышечную составляющую труда в целом, расширяя умственную. Исходные критерии оплаты труда стали размываться, усложняться, а необходимость отражения интеллектуального вклада рабочего в сложный коллективный высоко технически оснащенный труд привела на практике к введению поправки в объективные тарифные сетки в виде расчетного коэффициента трудового участия (КТУ), построенного исключительно на открытом субъективизме: мнении бригадира и совета бригады.

Переход к информационному постиндустриальному обществу одним из обязательных условий имеет необходимость завершения индустриализации хозяйственной структуры: не только насыщения, а стопроцентного распространения во всех технологических процессах не просто механизмов и машин, а технологических высокоавтоматизированных и компьютеризированных комплексов, делающих рабочего

оператором, управляющим всем технологическим процессом, полностью высвобождая его от участия в производстве в качестве сочленения между орудиями труда на стыках «сырье – технология – труд – готовая продукция» в качестве одной из составляющих.

Совершенствованием оплаты труда в условиях переходной экономики Украины занимаются И.А. Баткаев [1], Д.М. Колот [2], Г.Г. Меликьян [3], Л.М. Фильштейн [4] и многие другие. Но ими оплата труда напрямую не связывается с конкретным его содержанием и преобразованиями трудовых функций под воздействием НТП (что, с нашей точки зрения, имеет первостепенное значение для ее дифференциации), консервируя в определенном смысле сложившиеся в эпоху индустриализации группировки рабочих-исполнителей различной квалификации.

Целью статьи является дальнейшая разработка проблемы оплаты труда реально функционирующих в производстве рабочих с высшим образованием на новой концептуальной основе: учета расширяющейся и усложняющейся умственной, информационной компоненты высококвалифицированного труда (отраженного в специальной тарифной сетке) на пороге информационного общества.

Развитие техники, показало, что простым оказалась замена человека на примитивнейших видах физического труда (как субъекта, придающего движение орудиям труда: поднять, опустить, переместить, повернуть, совместить). То есть механической техникой, многократно усилившей силу человека, оказались смоделированными наиболее простые, многократно повторяемые действия крупных мышц тела и опорно-двигательного аппарата (был грузчиком – стал машинистом подъемного крана, водителем грузовика, автокары, машинистом лебедки и т.д.). Этим был устранен *первый парадокс* отрыва физического труда от умственного – разгрузка мышц человека. Автоматизация потребовала моделирования уже не столько физической компоненты труда, сколько умственной: регулирования работы агрегата, станков в границах установленных величин нескольких параметров, характеризующих технологический процесс. Появились профессии рабочих автоматизированного труда, труд которых состоял в работе на пультах управления. Но и сейчас, из-за незавершенности ме-

ханизации и автоматизации производства, все ещё остаются (в малых масштабах): простой физический ручной труд (в местах стыковки отдельных машин и механизмов), механизированный физический труд (по управлению машинами, механизмами, механизированными комплексами), физический ручной труд по наладке машин, механизмов и механизированных комплексов и физический труд по наладке автоматизированных установок, линий, агрегатов. Поэтому труд при машинах и механизмах в профессиональных переписях назван ручным трудом в отличие от механизированного труда, состоявшего в управлении указанными средствами труда, и в котором тоже присутствуют мышечные нагрузки (прежде всего рук, кистей, пальцев), но уже при большом привлечении умственной составляющей. Наличие такой динамики показывает, что в индустриальную эпоху в содержании массового физического труда происходит постепенное расширение информационной умственной компоненты за счёт сужения физической, мускульной. Это и должно более полно учитываться при построении системы оплаты труда.

Появление цепи машин и полного охвата ими технологического процесса, превращения их в технологическую линию, делаая ненужным массовый ручной труд при машинах и механизмах, порождает новые виды массового труда (названного профессиональными переписями трудом по управлению и обслуживанию автоматических линий, автоматов, агрегатов, автоматизированных и роботизированных устройств). Внешне он выражается в задействовании рук для запуска-остановки, регулирования, корректировки работы техники в период ее работы (для краткости назовём его *наблюдательно-индикаторно-кнопочным трудом*) или наладки, настройки, ремонта в период остановки (назовём его *диагностически-ремонтно-наладочным трудом*). Поступательное развитие техники на ступени механизации освобождает человека от основной массы мышечного, физически тяжёлого труда (использования рабочего в качестве двигательной силы при приведении в действие ручных станков, инструментов, осуществлении различных производственных процессов); на ступени автоматизации – от постоянно повторяющихся, рутинных монотонных операций по управлению машинами и механизмами, регулированию физических и химических процессов в заданных параметрах, составляющих уже не столько физическую, сколько умственную часть труда; на ступени роботизации и кибернетизации производства техника берёт на себя логические функции по выбору режимов работы машин, введения в них той из программ действия, которая наиболее соответствует заданным внешним параметрам продукции и внутренним условиям технологических процессов. Сам же труд рабочего, изменяясь и преобразуясь, всё более освобождается от напряжённых мышечных усилий (что приводит их к минимуму в рабочем времени) и всё более расширяет во времени задействование умственной составляющей (по выработке решения) в исполнительской деятельности [5]. В результате человечество получило в оп-

ределённой мере обратный результат облегчения труда в виде *нового противоречия*: приобретающую значительную умственную составляющую, исполнительский рабочий труд практически утратил физическую компоненту за счёт перемещения основной нагрузки с мышц на мыслительно-аналитический аппарат (головной мозг), чем привёл практически к неподвижности корпуса рабочего (появилась «сидячая» работа машинистов, операторов и т.п.).

К завершению индустриализации, на пороге информационного общества, рутинный физический труд утрачивает изначально аксиоматично простую основу разграничения с умственным трудом, так как отдаляется системой машин от непосредственного воздействия органами тела на предмет труда, утрачивает мышечную напряжённость и тяжесть (т.к. усилия прилагают машины), а видимые результаты труда, учитываемые при оплате, являются не столько следствием частоты и рациональности профессиональных заученных (до автоматизма) движений рук, ног и туловища рабочего, сколько следствием беспрерывной и ритмичной работы линии машин, в которую органически вплетены наблюдательно-индикаторно-кнопочный и диагностически-ремонтно-наладочно-инструментальный виды труда, непосредственно обусловленные невидимой работой мозга. Производительность труда, оснащённого сложной совершенной техникой, уже зависит от обоснованности и надёжности информации, вырабатываемой головой, для координирующих, регулирующих и отдающих команды машинам действий по производству продукта в заданных параметрах

Основная нагрузка в трудовом процессе уже приходится не столько на физический элемент «умеет» (как на видимую работу рук, спины, ног), сколько на информационный элемент «знает» (как на невидимую работу головного мозга). Второй элемент и является основным в уровне квалификации рабочего. Сам же трудовой процесс утрачивает четко очерченный двигательный комплекс стабильных профессиональных действий и превращается в широкий круг свободных движений кистей и пальцев, комбинация которых вытекает из целей управления. Текущая информация анализируется и разрабатывается в мозгу вплоть до импульса рукам, на конкретные движения. Оплата труда этих рабочих высшей квалификации теперь производится не столько исходя из состава и сложности физических действий, сколько – из сложности возникающих в трудовом процессе задач, которые сначала должны быть решены в уме рабочего в виде выработки информационного продукта – программы действий и затем – соответствующего командного импульса, реализуемого в трудовом процессе.

Рост доли высококвалифицированного труда рабочих в сфере аналитически-поисковой функции привел на практике к разграничению рабочих профессий на группу прямых исполнителей технологического процесса (машинисты, операторы машин, установок, агрегатов, линий и т.п.), выполняющих непосредственные запуск-остановку, регулирование, корректировку работы орудий труда (*рабочие наблюдательно-*



индикаторно-кнопочного труда) и группу опосредованных участников технологического процесса производства продукции (ремонтников-наладчиков механических, электрических, электронных, контрольно-измерительных, компьютерно-роботизированных узлов оборудования), выполняющих подготовку сложной техники к бесперебойному выпуску продукции (*рабочие инструментального диагностически-наладочного труда*). И если труд машинистов, операторов основывается на знаниях отраслевых особенностей технологического процесса, специфики работы конкретных по процессным машинам, то труд ремонтников и наладчиков скорее востребует общетеоретические знания основ действия машин и механизмов, законов механики, электротехники, автоматики, электроники, робототехники, кибернетики, информатики и др., носящие универсальный межотраслевой характер. Это, как свидетельствует практика, и позволяет этим рабочим переходить из одной отрасли в другую практически без переобучения).

Одновременно с развитием техники происходит как углубление и расширение содержания ремонтно-наладочного инструментального труда по поддержанию её в рабочем состоянии, так и все большее усложнение содержания труда работников, задействованных в создании все новых программ по управлению этой техникой, поскольку при любом уровне ее развития за человеком всегда остается функция целеполагания в производстве продукции, услуг, напрямую связанная с успешностью работы мозга, т.е. трудовая нагрузка общества все более будет перемещаться в сферу умственной информационной составляющей конкретного исполнительского труда рабочего, к снижению требований к физическому потенциалу тела. Это позволяет сделать еще один *вывод*: материальный (уже технический) прогресс в орудиях труда на ступени индустриального общества способствует преодолению противоположности между физическим и умственным трудом (веками закрепляемый за разными группами людей), возвращает труду единство физической и умственной компонент (с неуклонным увеличением доли последней). Это приводит к появлению и расширению круга профессий, в которых работа полностью зависит от умственной работы головы, как интеграция умственной и физической составляющей в труде одного человека, превращая труд в гармоничный осознанный созидательный процесс. Это позволяет сделать еще один *вывод*: что завершение этапа индустриализации характеризуется также и гармонизацией физического труда за счет вплетения в трудовой процесс все большего количества знаний, информации, глубина и всесторонность которой именно и позволяет более эффективно осуществлять рабочему созидательный процесс производства благ и услуг в технически высокооснащенном и технологически все более усложняющемся производстве. Это даёт основание для *вывода* о том, что противоположность между умственным и физическим трудом является следствием низкого уровня развития орудий труда, применяемых человеком в доиндустриальную эпоху, как и на первых ступенях

индустриальной, для выполнения больших объемов работ, и вызывает необходимость изменения концептуального подхода к оплате этого труда.

Оплата труда рабочих наивысшей квалификации должна строиться с учётом в первую очередь ответственности и сложности работы. И если расчет заработка рядовых рабочих повременщиков и сдельщиков имеет всесторонне разработанную теоретическую базу в виде научно-обоснованной тарифной системы с выделением в отраслевых тарифных сетках неквалифицированного, квалифицированного и высококвалифицированного труда (с дифференциацией по разрядам), то труд рабочих наивысшей квалификации оплачивается практически на безтарифной основе, так как диапазон существующих тарифных сеток недостаточен. Это может вызвать желание «удлинить» тарифную сетку в сторону появления более высоких квалификационных тарифных разрядов. Однако, с нашей точки зрения, от такого (скорее формального, чем научно обоснованного) действия вряд ли будет получен надёжный результат, так как принцип оплаты труда рабочего на сверхсложных работах, требующих наличия высшего образования, должен строиться на иной информационной основе, чем существующие тарифные сетки: с учётом *двойственности положения этой группы трудящихся*. Двойственность состоит в том, что содержание труда требует наличия у них большого объёма теоретических и прикладных знаний на уровне, соответствующем высшему образованию, однако по функциональной роли в производственном процессе они заняты исполнительским производительным трудом, т.е. остаются рабочими, но с наивысшей квалификацией. И поскольку это все же труд исполнительский по опредмечиванию в значительной мере лично полученной информации в продукцию – (материальный объект – или услугу), то и строить оплату такого труда представляется вполне обоснованным по новой тарифной сетке, но уже построенной с учетом интеллектуально-информационной составляющей в содержании труда.

Представляется целесообразным построение такой тарифной сетки, в которой бы основным признаком являлась квалификация. Ее рост главным образом определяется стажем работы по специальности, накоплением опыта, позволяющего быстро находить правильные решения в производственной обстановке со сложными технологиями.

При этом изменение тарифных ставок на основе роста тарифных коэффициентов должно быть простым и понятным работнику. Правила же построения тарифной сетки в области тарифных коэффициентов для инженеров-исполнителей (в функции рабочих), в принципе, не должны отличаться от её построения для рабочих-исполнителей. Исходя из этого и предложена принципиально новая тарифная сетка (в части тарифных коэффициентов для рабочих наивысшей квалификации) приведённая в таблице, где по вертикали указаны условия труда на рабочем месте и даются принципиально различающиеся по содержанию труда профессионально-квалификационные группы, а по горизонтали – стаж работы по специальности.

Таблица

## Тарифные коэффициенты для оплаты труда рабочего наивысшей квалификации

Условия труда и группы профессий	Стаж работы в данном виде труда, лет										
	0-2,5	2,6-5	5,1-7,5	7,6-10	10,1-12,5	12,6-15	15,1-17,5	17,6-20	20,1-22,5	22,5-25	Свыше 25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Нормальные условия: Оператор-регулирующий производственных процессов (из них по категориям) Наладчик-ремонтник технологического оборудования, приборов и устройств (из них по категориям)	1,00	1,10	1,20	1,30	1,45	1,55	1,65	1,75	1,90	2,00	2,10
	1,30	1,40	1,50	1,60	1,75	1,85	1,95	2,05	2,20	2,30	2,40
Вредные и тяжёлые условия: Оператор-регулирующий производственных процессов (из них: по категориям) Наладчик-ремонтник технологического оборудования, приборов и устройств (из них по категориям)	1,15	1,25	1,35	1,45	1,60	1,70	1,80	1,90	2,05	2,15	2,25
	1,45	11,55	11,65	11,75	1,90	2,00	2,10	2,20	2,35	2,45	22,55
Особо вредные и особо тяжёлые условия: Оператор-регулирующий производственных процессов (из них: по категориям) Наладчик-ремонтник технологического оборудования, приборов и устройств (из них по категориям)	1,30	1,40	1,50	1,60	1,75	1,85	1,95	2,05	2,20	2,30	2,40
	11,60	11,70	11,80	11,90	2,05	2,15	2,25	2,35	2,50	2,60	22,70
Другие отраслевые неблагоприятные условия труда (высотные, подземные, подводные, горячие, наличие излучений, полей вибрации, звуков, невесомости и т.п.): Регулирующий производственных процессов (из них по категориям) Наладчик-ремонтник технологического оборудования, приборов и устройств (из них по категориям)	11,50	11,60	11,70	11,80	1,95	2,05	2,15	2,25	2,40	2,50	22,60
	11,80	11,90	22,00	22,10	2,25	2,35	2,45	2,55	2,70	2,80	22,90

Учитывая имеющую место логику изменения содержания труда рабочих под влиянием НТП и то, что к завершению эпохи индустриализации функции рабочих в основном сведутся, с одной стороны, к управлению производственным процессом и его регулированию, с другой стороны, к ремонту и наладке технологических машин, установок и другого оборудования, то предлагаемую тарифную сетку считаем целесообразным создать для таких двух принципиально отличных (по роли в технологическом процессе) групп профессий (оплачиваемых почасово, по-временно):

– оператор-регулирующий производственных процессов,

– наладчик-ремонтник технологического оборудования, приборов и устройств.

Дифференциация санитарно-гигиенических условий труда, помимо выделения «нормальные условия», «вредные и тяжёлые», «особо вредные и особо тяжёлые», должна быть шире, т.к. НТП порождает и другие производственные вредности и неблагоприятные для человеческого организма факторы: высотные, подземные, подводные, в зоне высоких или низких температур, вибраций, ультра- или инфразвуков, различного рода полей и излучений, невесомости и пр. В тарифную сетку может быть внесена и обобщающая запись «Другие отраслевые особо неблагоприятные условия труда» с уточнением их содержания, исходя из специфики социально-гигиенических условий труда в отрасли.

На практике имеет место большое разнообразие в технической сложности применяемых средств производства, вызывающее в свою очередь, для их применения и поддержания в исправном состоянии наличия работников различной степени мастерства, поэтому представляется целесообразным выделить в профессиональных группах три уровня квалификационной категории работников (I – высшая категория, II – средняя категория, III – низкая категория). Таким образом, занимаемая должность рабочего наивысшей квалификации с высшим образованием имела бы, например, такую запись в трудовой книжке: «рабочий инженер II категории» или «инженер-рабочий II категории». Этим можно было бы снять определённое социальное напряжение в коллективе и в некоторой степени уравнять в цехе статус рабочего-инженера с работниками других инженерных должностей.

Прогрессивность тарифной сетки зависит от характера и динамики роста тарифных коэффициентов, суть которых и состоит в учёте качественных изменений заложенных в сетку параметров. Предложенная сетка содержит тарифные коэффициенты к начислению тарифной части заработной платы при повременной (почасовой) оплате труда. Так, «шаг» тарифного коэффициента между профессиональными группами предлагается 1,3 для наладчиков-ремонтников, поскольку практика показывает, что он существенно напряженнее труда операторов-регулирующих. Внутри каждой профессиональной

группы «шаг» роста тарифного коэффициента с повышением категории (от I до II и III) рекомендуется принять 0,1. «Шаг» тарифного коэффициента при ухудшении санитарно-гигиенических условий труда будет различным: при нормальных условиях принимается 1, для вредных и тяжёлых – 1,15 (относительно нормальных) и для других отраслевых особо неблагоприятных условий труда – 1,5 (относительно нормальных).

Опыт работы хорошо учитывается трудовым стажем в данном виде труда и может быть достаточно полно учтён как для молодого специалиста, так и для кадрового работника с длительным профессиональным стажем.

Так как рост квалификации, позволяющий обслуживать всё более сложную технику, у лиц с высшим образованием, как общепризнанно, связан с продолжительностью стажа работы в конкретном виде труда, то этот момент и в предлагаемой (рабочее-инженерной) тарифной сетке может быть отражён с помощью достаточно дробной дифференциации трудового стажа с «шагом» в 2,5 года (от 0 до «свыше 25 лет») при соответствующем нарастании тарифных коэффициентов («шаг» – 0,1, кроме 2 интервалов: после 7,6-10 и после 17,6-20 – где «шаг» составляет 0,15, отражая определённые социально-психологические вехи трудовой карьеры). Введение же стажевых интервалов в 2,5 года закладывает объективную основу достаточно близкой перспективы повышения тарифной части заработка начинающему инженеру в рабочей должности.

Поскольку объём вложенного труда для двух рассматриваемых профессиональных групп рабочих наивысшей квалификации (скорее – инженерного труда) более точно можно измерить продолжительностью рабочего времени, чем количеством выработанной продукции, то в предлагаемой тарифной сетке нет необходимости дифференциации на сдельно и повременно оплачиваемый. Вместе с тем, как ранее отмечалось, имеет место различная напряжённость труда у операторов-регулирующих производственных процессов и наладчиков-ремонтников технологического оборудования, приборов и устройств. Есть все основания считать, что у второй группы напряжённость существенно выше вследствие необходимости всесторонней диагностики причин отказа техники (напряжённая исследовательски-аналитическая составляющая) и требования уложиться с наладкой и ремонтом в установленные сроки (высокая психологическая составляющая напряжённости труда), диктуемые ритмичностью производственного процесса («шаг» по 0,2: от 1 до 1,6 по вертикали внутри групп профессии). Сами же группы профессии могут быть дополнены другими, специфичными для конкретной отрасли.

Непосредственное установление величины заработной платы рабочему наивысшей квалификации с образованием инженера производится по методике расчёта при повременной-премиальной форме оплаты труда: перемножением минимального оклада инже-

нера в отрасли на соответствующий коэффициент тарифной сетки с прибавлением премиальных выплат, предусмотренных коллективным договором на предприятии.

### Выводы

Использование предложенных тарифных коэффициентов при начислении оплаты труда рабочим с высшим образованием позволит учесть особенности их труда, сделать процесс установления исходных критериев логичным и понятным работнику. Введение тарифной формы оплаты наиболее сложного исполнительского труда выведет и вопрос его реальной оценки из-под субъективизма установления персональных надбавок. Всё это приведёт к улучшению социально-психологического климата в трудовых коллективах и будет способствовать снижению текучести кадров.

УДК 658(75)

Ю.В. Буц

## ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТА ВИБІР ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА АЛЬТЕРНАТИВНІЙ ОСНОВІ

Розглянуто методи оцінки рівня технології на шахті та визначення економічної ефективності схем виймання корисної копалини. Запропоновано методику вибору оптимальних техніко-організаційних рішень з цього питання.

Рассмотрены методы оценки уровня технологии на шахте и определения экономической эффективности схем выемки полезного ископаемого. Предложена методика выбора оптимальных технико-организационных решений по этому вопросу.

Methods of an estimation of a technological level on mine and definitions of economic efficiency of schemes of dredging of a mineral are considered. The technique of a choice of optimum technicoorganizational decisions on this question is offered.

Параметри та ефективність схем виймання корисної копалини дуже важливі для здійснення ефективної роботи гірничих підприємств та виведення галузі з економічної кризи.

Однак до теперішнього часу нема загально визначених методів вибору найбільш ефективних організаційно-технологічних рішень, що приймаються на стадії проектування або в процесі розробки корисних копалин на діючих підприємствах.

Метою даної роботи є розробка методики вибору ефективного (оптимального) варіанта техніки, технології та організації виробництва на гірничому підприємстві.

У роботі [1] для оцінки рівня технології на гірничому підприємстві пропонується критерій – кількість виходів робітників по видобутку на 1000 м<sup>2</sup> площі пластів, що розробляються в шахті протягом доби,

### Список литературы

1. Баткаев И.А. Организация оплаты труда в условиях перехода к рыночной экономике. – М.: ГАУ, 1994.
2. Колот А.И. Оплата праці на підприємстві: організація та удосконалення – К.: Праця, 1997.
3. Экономика труда и социально-трудовые отношения. / Под ред. Г.А. Меликьяна, Р.П. Колосовой. – М.: Изд-во Московск. ун-та: Изд-во Че Ро, 1996.
4. Фильштейн Л., Дудіна Н. Використання зарубіжного досвіду з оплати праці в економіці України // Україна: аспекти праці.– 1999, № 4.
5. Багрова И.В. Физический труд на пороге информационного общества // Вісник економічної науки України. – 2006. – № 1(9).

Рекомендовано до публікації д.е.н. Т.Б. Решетіловою 22.12.08

вих./1000 м<sup>2</sup> ( $U_w$ ). Показник розраховується за формулою

$$U_w = 1000 N_e / P_w = 1000 N_m t \gamma / A_w, \quad (1)$$

де  $N_e$  – кількість виходів робітників по видобутку шахти на добу;  $P_w$  – площа пластів, що розробляються в шахті за добу, м<sup>2</sup>;  $t$  – середня виймана потужність пластів, м;  $\gamma$  – середня щільність вугілля, т/м<sup>3</sup>;  $A_w$  – середньодобовий видобуток шахти, т.

З виразу (1) видно, що прогрес у технології гірничого виробництва та його вдосконалення оцінюються зниженням трудомісткості робіт при одночасному росту кількості продукції, що випускається. Автори вважають, що продуктивність праці або трудомісткість найбільш повно відбиває рівень технології виробництва в цілому і є інтегральним показником.

Однак це не зовсім правильно, оскільки показник трудомісткості враховує витрати тільки живої праці (кількість виходів робітників) і не враховує витрати минулої (упредметненої) праці, пов'язаної з вартістю застосовуваних для різних видів технології машин і устаткування, матеріалів, енергії й т.п. Використання різних технологій виймання вугілля безпосередньо позначається на його якості (зольності, сортності), що визначає рівень витрат при переробці й збагаченні вугілля на інших підприємствах, тобто витрат майбутньої праці. Для добувального підприємства ці витрати відбиваються в рівні ціни за корисну копалину різної якості та вартості реалізованої продукції.

Оцінку рівня організації й технології доцільніше робити системою частинних показників, а також інтегральним показником, які використовуються при визначенні рівня ефективності праці [2].

До частинних показників можуть входити:

- навантаження на шахту (видобуток вугілля в одиницю часу), т;
- продуктивність праці, т/міс.;
- повна собівартість 1 т, грн.;
- якість добутого вугілля;
- частка важкої фізичної праці в загальних витратах живої праці.

Інтегральний показник для оцінки рівня ефективності технології на підприємстві, варто визначати за схемою – результати / витрати – по формулі

$$I_{e.m} = \frac{D_k C + \sum O_i C_i}{S_m P_{n.p.g} N_{p.g} M_{mic} + S_i + [(R_6 - r_i) / 100] B_{od}}, \quad (2)$$

де  $I_{e.m}$  – інтегральний показник ефективності технології, грн./грн.;  $D_k$  – калькуляційний видобуток за досліджуваній період, т;  $C$  – ціна 1 т, грн.;  $O_i$  – обсяги випуску інших видів продукції у відповідних одиницях виміру;  $C_i$  – ціни на інші види продукції, грн.;  $S_m$  – повна собівартість 1 т вугілля, грн.;  $P_{n.p.g}$  – місячна продуктивність праці робітника по видобутку, т/міс.;  $N_{p.g}$  – середньооблікова чисельність робітників по видобутку в досліджуваному періоді, осіб;  $M_{mic}$  – кількість місяців у році;  $S_i$  – повна собівартість інших видів продукції, які випускаються шахтою, грн.;  $r_6$  – середньорічний рівень банківського відсотку за кредитом, %;  $r_i$  – середньорічний рівень інфляції, %;  $B_{od}$  – одноразові витрати й інвестиції на підтримку виробничої потужності, грн.

Наведений інтегральний показник ефективності організації й технології враховує її частинні показники й переважно більшість вимог до оцінки рівня технології. Він охоплює: результати праці у вигляді обсягів продукції, що випускається; продуктивність, тобто витрати живої праці; витрати й економію минулої праці через собівартість й одночасні витрати, а також витрати майбутньої праці – через якість продукції, що відбивається в рівні цін.

Привабливість праці враховується побічно через рівень її продуктивності. Ринкові фактори відображені в параметрах  $r_6$  і  $r_i$ . Вплив інфляційних процесів на ве-

личину інтегрального показника ефективності технології мінімальний, оскільки ціновий фактор присутній, як у чисельнику, так і в знаменнику формули (2) – собівартість, одноразові витрати. Вихідні дані для обчислення інтегрального показника ефективності є у звітній документації шахт і їхніх об'єднань (компаній). Застосовувана технологія вважається ефективною, якщо інтегральний показник  $I_{e.m} > 1$ .

До основних параметрів виймання вугілля комбайном відносяться середня швидкість його подачі  $V$ , глибина захвату  $r$  і коефіцієнт машинного часу  $K_m$ . Важливо правильно вибрати ці параметри роботи, які істотно впливають на ефективність технології.

Швидкість подачі виймальної машини обумовлена конструктивними особливостями застосовуваних комплексів (потужністю електродвигунів, установлених на комбайні, видом і формою виконавчого органа, шириною захвату, схемою набору ріжучих зубків та ін.). На швидкість подачі впливають: швидкість кріплення й оформлення вибою, пересування вибийного конвеєра й низки інших процесів, які, у свою чергу, залежать від рівня їх механізації, організації праці робітників та ін. За інших рівних умов швидкість подачі визначається міцністю й в'язкістю вугілля, структурою пласта, наявністю твердих включень, природним віджиманням, однак безперервний технічний прогрес дозволяє поступово послабляти вплив гірничо-геологічних умов.

При вийманні вугілля струговими комплексами й агрегатами швидкість руху струга в кожній лаві постійна. Вона змінюється тільки у випадку встановлення на приводах струга електродвигунів іншої потужності.

Для сучасних комбайнів градації глибини захвату перебувають в інтервалі 0,5-1,0 м. Конструкцією комбайнів іноді допускається її зміна у відомих межах (наприклад, на комбайні 2К-52 шляхом зміни кількості дисків на виконавчому органі глибина захвату може змінюватися від 0,5 до 0,80 м).

Вплив посування за цикл (глибини захвату) в інтервалі 0,5-1,0 м на величину показників використання комплексу прямо пропорційний. Дані практики свідчать, що зі збільшенням глибини захвату вузькозахватних комбайнів в інтервалі 0,5-1,0 м істотного зменшення швидкості подачі не відбувається (виймання ведеться в зоні ефективного природного віджимання вугілля, глибина якого звичайно становить до 1,0 м). Тому збільшення глибини захвату комбайна з 0,5 до 1,0 м призводить до підвищення інтегрального показника використання комплексу в 1,85-2,0 рази.

Технічні параметри роботи комбайнів – середня швидкість подачі  $V$  і глибина захвату комбайна взаємозалежні й впливають на коефіцієнт машинного часу  $K_m$ , що являє собою відношення машинного часу роботи комбайна за зміну до загальної її тривалості. Коефіцієнт машинного часу дуже близький як за змістом, так і по величині до коефіцієнта безперервності  $K_n$  [2]. Середня робоча швидкість комбайна безпосередньо впливає на обсяг добового видобутку вугілля та на його дільничну собівартість.

Підвищення швидкості комбайна  $V$  приводить до росту видобутку  $D$  і зниженню його дільничної собівартості  $Z$ .

Найбільш точним критерієм оцінки оптимального співвідношення між  $V$ ,  $r$  і  $K_m$  є економічні показники (собівартість, інтегральний показник ефективності технології, прибуток та ін.).

Даний підхід дозволяє більш точно врахувати всі наслідки зміни технологічного режиму роботи комбайнів на кінцеві результати роботи шахти, що становить особливий інтерес у зв'язку з переходом до ринкової економіки. При цьому на перший план як критерій виходить економія суспільно необхідного часу. Її потрібно розглядати всебічно з урахуванням витрат живої, минулої й майбутньої праці (пов'язаної з поліпшенням якості продукції).

При зміні співвідношення між шириною захвату  $r$  і швидкістю подачі  $V$  змінюється обсяг видобутку вугілля й собівартість його видобутку в даній лаві, тому що зі збільшенням  $r$  питомий обсяг роботи із процесів кріплення, керування покрівлею, пересування конвеєра й т.п. зменшується.

За процесом виймання комбайном мінімальна собівартість по заробітній платі відповідає найбільшій продуктивності комбайна, що досягається при зміні  $V$  та  $r$ . Таким чином, необхідно визначити таке співвідношення між цими параметрами, яке забезпечує найбільш низьку собівартість й найбільш високий показник прибутковості. При оптимальних значеннях продуктивності комбайна й навантаження на лаву досягається максимальний видобуток по шахті, а, отже, і мінімальна собівартість 1 т вугілля по умовно-постійних витратах. Якщо шахта не має резервів виробничої потужності й обсяг видобутку досяг граничної величини, необхідно враховувати ефект від концентрації гірничих робіт при збільшенні навантаження на лаву.

Дослідження організаційно-технологічного режиму роботи комбайнів потрібно починати із встановлення оптимального співвідношення його параметрів за критерієм продуктивності комбайна, а потім перевіряти за критерієм собівартості й сортності (для антрацитів). Такий підхід до питань оптимізації організаційно-технологічного режиму роботи комбайнів є в найбільшій мірі науково обґрунтованим.

Визначити змінну продуктивність комбайна можна по функції цілі

$$P_{cm} = T_{cm} K_m V r m \gamma, \rightarrow \max,$$

де  $P_{cm}$  – змінна продуктивність комбайна, т;  $T_{cm}$  – тривалість зміни, хв;  $K_m$  – коефіцієнт машинного часу;  $V$  – швидкість подачі комбайна, м/хв;  $r$  – глибина захвату, м;  $m$  – потужність пласта, м;  $\gamma$  – щільність вугілля, т/м<sup>3</sup>.

Параметри  $V$ ,  $r$  і  $K_m$  органічно пов'язані між собою. Наприклад, з ростом  $r$  зменшується  $V$  й підвищується  $K_m$  і навпаки. Існує оптимальне співвідношення між ними, коли змінна продуктивність комбайна максимальна. Середню швидкість подачі визначають по формулі

$$V = \frac{P}{60 r m \epsilon q_e},$$

де  $V$  – середня швидкість подачі, м/хв;  $P$  – тривала потужність головного двигуна комбайна, кВт;  $m$  – потужність пласта, що виймається, м;  $q_e$  – витрати електроенергії на 1 м<sup>3</sup> зруйнованого вугілля, кВт-год.

Для різних значень  $r$ , передбачених конструкцією комбайна, визначають  $V$  і  $P_{cm}$ . Вибирають максимальне значення  $P_{cm}$  й параметри, які відповідають цій продуктивності. Вони й є оптимальними. Обмеження для інших параметрів не передбачаються, оскільки вони відбивають фактичний стан показників у лаві, де виконується оптимізація.

Розрахунки, пов'язані з обґрунтуванням окремих організаційно-технологічних рішень на гірничому підприємстві, наведені в роботі [3].

Економічне обґрунтування та вибір оптимального варіанта технології або організації виробництва здійснюється наступним способом.

Якщо проектують технологію очисних робіт у знову підготовлюваній лаві, маючи два різних варіанти організації або технології, один з них приймають за базовий і відзначають індексом "1". При цьому повинна бути виконана умова  $Z_1 > Z_2$ , а  $Z_{од.1} < Z_{од.2}$ . (де  $Z_1$  і  $Z_2$  – поточні витрати на 1 т по лаві по варіантах, грн.;  $Z_{од.1}$  і  $Z_{од.2}$  – одноразові витрати, пов'язані із впровадженням відповідно першого й другого варіантів, грн.).

Річний економічний ефект  $E_p$  розраховують по формулі

$$E_p = E_c + E_n + E_{жк} - (r_0 - r_1) / 100 [B_{од.2} - B_{од.1} (d_2 / d_1)] \text{ грн.}, \quad (3)$$

де  $E_c$  – річна економія завдяки зниженню собівартості при впровадженні проекту організації або технології в даній лаві, грн.;  $E_n$  – річна економія за рахунок зниження дільничної й загальношахтної собівартості по умовно-постійних витратах, грн.;  $E_{жк}$  – сума річної економії за рахунок поліпшення якості корисної копалини, грн.;  $r_0$  – середньорічний рівень банківського відсотку за кредит, %;  $r_1$  – очікуваний середньорічний рівень інфляції, %;  $d_1$  і  $d_2$  – річний видобуток лави по першому й другому варіантах, т.

Розрахунок окремих компонентів формули (3) виконується так.

Величина  $E_c$  визначається по формулі

$$E_c = (C_1 - C_2) d_2 \text{ грн.}, \quad (4)$$

де  $C_1$  і  $C_2$  – фактичні й проектовані витрати на 1 т по лаві, грн. (ці витрати відрізняються від собівартості тим, що в їхньому складі не враховують амортизацію, щоб уникнути дублювання обліку капітальних витрат у складі  $B_{од}$  і  $E_c$ );  $d_2$  – проектований річний видобуток лави, т, який визначається шляхом множення проектованого добового видобутку по лаві на кількість робочих днів за рік.

Річна економія за рахунок зниження собівартості по умовно-постійних витратах визначається в такий спосіб.

Якщо шахта має резерви виробничої потужності:

$$\hat{A}_i = \frac{\mu C_1 \hat{A}_1}{100} (\hat{E} - 1) \text{ грн.}, \quad (5)$$

де  $\mu$  – частка умовно-постійних витрат у загальній собівартості (визначається шляхом аналізу структури витрат на даній шахті); приблизна її величина становить від 0,65 на великих шахтах (видобуток більше 4000 т/добу) до 0,75 на дрібних;  $Z_1$  – планова виробнича собівартість 1 т вугілля на шахті за квартал, що передує впровадженню проекту, грн.;  $D_1$  – обсяг планового калькуляційного видобутку по шахті за рік, попередній впровадженню проекту, т;  $K$  – коефіцієнт збільшення обсягу видобутку

$$K = \frac{D_1 + (d_2 - d_1)}{D_1}, \quad (6)$$

де  $d_1$  – плановий видобуток з лави за рік, що передує впровадженню проекту (варіант 1), т.

Коли лава працює менше року, величина  $d_1$  визначається множенням середньомісячного видобутку за час роботи лави на 12.

Якщо резерви виробничої потужності на шахті відсутні, а видобуток треба зберегти на досягнутому рівні, збільшують навантаження на проектовану ділянку:

$$E_n = C_n \cdot \alpha_n - C_n \text{ грн.},$$

де  $C_n$  і  $C_n \cdot \alpha_n$  – річна сума постійних витрат на ділянці відповідно за діючим планом і проектом: витрати на заробітну плату робітників з обслуговування лави, проведенню планово-попереджувального ремонту встаткування й гірничих виробок, зарплату фахівців, вартість матеріалів (погашення й зношування металокріплення, кріпильних матеріалів при ремонті виробок, інші матеріали), оплата встановленої потужності трансформаторів, грн.;  $\alpha_n$  – коефіцієнт росту навантаження на ділянку за проектом в порівнянні з передбаченим планом (наприклад, при збільшенні навантаження на 25%,  $\alpha_n = 1,25$ ).

Річна економія за рахунок поліпшення якості вугілля

$$E_{\text{як}} = E_{\text{сорт}} + E_3 \text{ грн.},$$

де  $E_{\text{сорт}}$  – річна економія за рахунок поліпшення сортності, грн.;  $E_3$  – те ж за рахунок зниження зольності, грн.

Економія за рахунок поліпшення сортності виникає на шахтах, які добувають енергетичне паливо (антрацит), і визначається по формулі

$$E_{\text{сорт}} = \left( \sum_{i=1}^n C_i B_{2,i} - \sum_{i=1}^n C_i B_{1,i} \right) d_2 \text{ грн.}, \quad (7)$$

де  $C_i$  – ціна 1 т вугілля відповідного ( $i$ -го) сорту, грн.;  $B_{2,i}$ ,  $B_{1,i}$  – вихід різних сортів по варіантах у частках одиниці;  $n$  – кількість сортів.

Річна економія (збиток) від зміни зольності розраховується за формулою

$$E_3 = \pm Pn \cdot C d_2 / 100 \text{ грн.},$$

де  $C$  – ціна 1 т вугілля, грн.;  $n$  – кількість відсотків зміни зольності;  $P$  – знижка (надбавка) до ціни за кожний відсоток відхилення золи від устанавленого в договорі стандарту, %.

$$B_{\text{од}} = K_n + K_n + K_{\text{д-м}} + K_{\text{ноб}} \text{ грн.}, \quad (8)$$

де  $K_n$  – повна первісна вартість машин і устаткування, які передбачаються проектом, грн.;  $K_n$  – неамортизована частина первісної вартості демонтованого устаткування, що не може використатися на інших ділянках або шахтах компанії, грн.;  $K_{\text{д-м}}$  – різниця між загальною сумою витрат на демонтаж – монтаж нового й старого устаткування за весь амортизаційний термін служби устаткування, грн.;  $K_{\text{ноб}}$  – капітальні витрати, які побічно пов'язані із проектованим варіантом (усунення “вузких” місць в позалавних ланках виробництва й т.д.), грн.

$K_n$  у формулі (8) визначається з урахуванням коефіцієнта резерву устаткування (1,1-2,5).

$$K_n = K_{n, \text{д}} (1 - T_{\phi} / T_{\text{ам}}) \text{ грн.},$$

де  $K_{n, \text{д}}$  – первісна вартість демонтованого встаткування, грн.;  $T_{\phi}$  – фактичний час служби цього встаткування (за даними бухгалтерії), років;  $T_{\text{ам}}$  – амортизаційний термін служби встаткування, років

$$T_{\text{ам}} = 100 / H_{\text{рен}} \text{ років},$$

де  $H_{\text{рен}}$  – річний відсоток амортизаційних відрахувань на реновацію.

Якщо устаткування, що демонтується, може використовуватися на інших шахтах компанії, то  $K_n = 0$ .

Другий варіант буде краще першого в тому випадку, якщо по формулі (3) одержимо позитивний результат (+).

Якщо порівнюють три й більше варіантів, попередній вибір можна робити по мінімуму зведених витрат ( $B_i$ ):

$$B_i = C_i d_i + [(r_{\text{д}} - r_u) / 100] B_{\text{од}, i} \text{ грн.},$$

де  $C_i$  – проектні витрати (без амортизації) на 1 т по лаві, грн./т;  $d_i$  – проектований річний видобуток лави, т;  $B_{\text{од}, i}$  – одноразові витрати, пов'язані зі здійсненням проектованого варіанта, грн.;  $i$  – порядковий номер варіанта.

Далі із двох варіантів, що мають найменші зведені витрати  $B_i$ , детально обраховують і визначають із використанням формули (3) найбільш ефективний варіант.

Для ілюстрації пропонованих розрахунків наведемо наступний приклад.

У лаві, що підготовляють для видобутку антраци-ту, проектують два варіанти технології й організації виробництва. Перший передбачає виймання антраци-ту комбайновим комплексом при  $B_{од.1} = 31000,0$  тис. грн.;

$C_1 = 20,30$  грн.;  $d_1 = 250$  тис. т, а другий – струговий комплекс, для якого  $B_{од.2} = 40000,0$  тис. грн.,  $C_2 = 19,10$  грн. і  $d_2 = 310$  тис. т. При цьому поліпшу-ється сортність антраци-ту (див. табл. 1).  $E_3 = 0$ .

Таблиця 1

Розрахунок економічного результату по сортності

Сорт антраци-ту за розміром кусків, мм	Ціна 1 т, грн.	Вихід сортів		Виторг від реалізації 1 т антраци-ту за сортами, грн.	
		комбайн ( $B_1$ )	струг ( $B_2$ )	комбайн ( $ЦB_1$ )	струг ( $ЦB_2$ )
АК, 50-100	267,01	–	0,330	–	88,11
АО, 25-50	254,98	0,154	0,145	39,27	36,83
АМ, 13-25	230,96	0,031	0,125	7,16	28,87
АС, 6-13	218,87	0,079	0,078	17,29	17,08
АШ, 0-6	116,49	0,736	0,322	85,74	37,51
Разом	–	1,000	1,000	149,46	208,40

Річний видобуток шахти  $D_1 = 1200,0$  тис. т, частка умовно-постійних витрат  $\mu = 0,70$ , виробнича собівартість 1 т антраци-ту по шахті  $3_1 = 150,50$  грн. Шахта має резерви виробничої потужності.

Середньорічна плата за банківський кредит  $r_с = 25\%$ , а очікуваний середньорічний рівень інфляції  $r_i = 10\%$ .

Необхідно вибрати економічно доцільний варіант технології виймання вугілля.

Економія за рахунок зниження витрат у лаві по формулі (4) складе:

$$E_c = (20,3 - 19,1) \cdot 310 = 372 \text{ тис. грн.}$$

Коефіцієнт збільшення обсягу видобутку по формулі (6)

$$K = \frac{1200 + (310 - 250)}{1200} = 1,05$$

Річна економія за рахунок зниження собівартості по умовно-постійних витратах по шахті по формулі (5)

$$E_n = \frac{0,7 \cdot 150,50 \cdot 1200000}{100} \cdot (1,05 - 1) = 63,2 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок параметрів для визначення економічного результату за рахунок поліпшення сортності антраци-ту при струговому вийманні наведено у табл. 1.

Річна економія за рахунок поліпшення сортності по формулі (7)

$$E_{сорт} = (208,40 - 149,46) 310 = 18271,4 \text{ тис. грн.}$$

Економічний ефект по формулі (3):

$$E_p = 372,0 + 63,2 + 18271,4 - (25 - 10) / 100 \times [40000,0 - (31000,0 \times 310 / 250)] = + 18472,6 \text{ тис. грн.}$$

Отриманий додатний результат свідчить про те, що варіант зі стругом значно краще, ніж варіант із комбайновим комплексом. Тут основним важелем формування економічної ефективності є поліпшення сортності антраци-ту.

### Висновки

Для оцінки рівня технології на гірничому підприємстві доцільно використовувати не показник трудомісткості на 1000 м<sup>2</sup> площі пластів, що розробляють, а інтегральний показник рівня ефективності технології, якій розраховують за схемою результату / витрати по формулі (2).

Показано методику вибору оптимального варіанта техніки, технології та організації виробництва на гірничому підприємстві, яку проілюстровано прикладом розрахунку в умовах вугільної шахти.

### Список літератури

1. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых: Учебн. для вузов / Под ред. В.И. Бондаренко. – Д.: Полиграфист, 2003. – 708 с.
2. Буц Ю.В., Герасимова І.Ю. Ефективність праці на вугільних шахтах. – Д.: НГУ, 2007. – 156 с.
3. Буц Ю.В. Організація виробництва. – Д.: НГУ, 2002. – 183 с.

Рекомендовано до публікації д.е.н Т.Б. Решетіловою 10.12.08



УДК 5.56

Л.А. Кислова

## ТРАНСМИССИОННЫЙ МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ НА ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ

Статья посвящена теоретическому исследованию условий и факторов безопасного влияния внешней торговли на экономическое развитие на национальном и региональном уровнях с целью разработки системы инструментов регулирования внешней торговли, ориентированной на создание условий устойчивого развития транзитивной экономики.

Статтю присвячено теоретичному дослідженню умов та чинників безпечного впливу зовнішньої торгівлі на економічний розвиток на національному та регіональному рівнях з метою розробки системи інструментів регулювання зовнішньої торгівлі, орієнтованої на створення умов сталого розвитку транзитивної економіки.

The article is devoted to theoretical search of factors and conditions of foreign trade safety impact on economic development at national and regional levels with the purpose of foreign trade regulators system creation, which is oriented on strong development of economy in transition area.

**Актуальность темы исследования.** В современном мировом хозяйстве внешняя торговля является важным экзогенным фактором, который оказывает значительное влияние на национальную экономику, определяя ее количественные и качественные параметры, а также условия безопасного экономического развития. Преодоление негативных тенденций во внешней торговле требует сохранения емкого внутреннего рынка для отечественных производителей, проведения структурной адаптации страны и регионов к мировому хозяйству, активного использования инструментов государственного регулирования внешней торговли для обеспечения экономической безопасности страны и регионов в долгосрочной перспективе. В этих условиях весьма актуальным представляется анализ условий, факторов и критериев экономически безопасного воздействия внешней торговли на экономическое развитие территориально насыщенных транзитивных экономических систем, а также выявление трансмиссионного механизма воздействия внешней торговли на экономическое развитие неоднородной в территориальном разрезе экономики.

**Анализ публикаций.** Исследованиями влияния внешней торговли на экономическое развитие национальной экономики занимались экономисты разных направлений экономической мысли: меркантилисты (Т. Манн, А. Монкретьен, У. Стаффорд), сторонники классической политической экономии (А. Смит, Д. Рикардо), экономисты неоклассического направления (Э. Хекшер, Б. Олин, В. Столпер, Т. Рыбчинский, Р. Джонсон).

Исследование проблем экономического развития широко представлены в зарубежных и украинских публикациях В. Андрийчука, И. Бураковского, В. Загашвили, Д. Лукьяненко, Ю. Макогона, В. Новицкого, Н. Фомичевой, И. Хаджинова и др. Анализ публикаций показал отсутствие единодушия по проблеме влияния внешней торговли на экономическое развитие транзитивной экономики. Дискуссионным является вопрос, ведет ли реализация имеющихся сравнительных преимуществ во внешней торговле к пе-

ремещению экономических ресурсов в те сферы деятельности, которые определяют долгосрочный экономический рост.

**Постановка проблемы.** Вместе с тем, несмотря на все многообразие имеющихся работ по вопросам воздействия внешней торговли на экономическое развитие национальной экономики, остаются нерешенными проблемы, касающиеся условий, факторов и критериев экономически безопасного влияния внешней торговли на национальную и региональную экономику, не выявлен трансмиссионный механизм воздействия внешней торговли на экономическое развитие неоднородной в территориальном разрезе экономики в транзитивный период.

**Целью** данного исследования является теоретико-экономические исследования условий и факторов безопасного влияния внешней торговли на экономическое развитие на национальном и региональном уровнях для разработки дифференцированной системы инструментов регулирования внешней торговли, ориентированной на создание условий устойчивого развития транзитивной экономики.

Экономическое развитие и внешняя торговля всегда существуют при определенных условиях, которые создают благоприятный фон для обеспечения устойчивости национальной экономики и повышения качества жизни, либо содержат угрозу им. Совокупность таких внутренних и внешних условий будет определять уровень «экономической безопасности». В то же время сам фактор внешней торговли оказывает непосредственное воздействие на экономическое развитие по определенным каналам, формируя уровень экономически безопасного влияния на экономическое развитие.

Таким образом, под экономически безопасным воздействием внешней торговли на экономическое развитие понимается совокупность условий, посредством которых обеспечивается повышение количественных и качественных показателей экономического развития национальной экономики, способствующих совершенствованию качества жизни населения.

Особая роль внешней торговли в национальной экономике состоит в том, что она интегрирована практически во все области хозяйственной деятельности страны и выполняет функции по восполнению недостатка внутренних потребительских, инвестиционных, финансовых и технологических ресурсов. Наиболее значимыми из этих функций являются следующие:

- обеспечение рынков сбыта для секторов, производящих ликвидные на мировом рынке ресурсы;
- обеспечение ресурсов для покрытия внутреннего конечного спроса;
- обеспечение налоговых доходов бюджета;
- приток капиталов и займов для покрытия недостатка финансовых ресурсов (доходов и накоплений) в различных секторах экономики;
- компенсация недостатка инвестиционных ресурсов.

Стабильный рост многих стран мира связан с повышением их открытости. Мировая экспортная квота постоянно увеличивалась и в 2006 году превысила 25%. Экспорт стал значимым фактором экономического роста как развитых, так и развивающихся государств. Как следует из доклада Мирового Банка, за период с 1985 по 2005 год внешнеторговая квота повысилась у 3/4 стран мира [4]. Научные исследования показывают, что чем выше прирост внешнеторгового оборота в расчете на одного жителя развивающихся стран, тем быстрее растет ВВП и потребление на душу населения.

На наш взгляд, целесообразно выделить еще одну функцию, которая состоит в обеспечении устойчивого и безопасного развития национальной экономики. С этой целью представим трансмиссионный механизм воздействия внешней торговли на уровень экономической безопасности экономического развития (рис. 1).

В современной рыночной экономике внешняя торговля оказывает экономически безопасное (положительное) воздействие на экономическое развитие, либо создает угрозу экономическому развитию (отрицательное воздействие). Экономически безопасное влияние внешней торговли на экономическое развитие проявляется в следующем.

Во-первых, повышается уровень рыночной конкуренции. Благодаря либерализации внешней торговли иностранные производители внедряются на украинский рынок с предложениями широкого спектра новых товаров и услуг. Во многих случаях эти товары и услуги значительно превосходят по качеству украинские аналоги. Цена импортной продукции также нередко оказывается вполне конкурентоспособной. Эта экспансия импорта затронула большинство секторов украинской экономики.

Во-вторых, расширяется и кардинально повышается качество потребительского выбора, в результате чего значительно возрастает качество жизни населения.

В-третьих, появляются новые продукты и внедряются новые технологии. Внешняя торговля способствует приходу из-за рубежа многих новаций, производственных идей, конструкторских и дизай-

нерских решений, продуктов и технологий. Безусловно, это помогает украинским производителям понять, в каком направлении им необходимо развиваться для достижения рыночного успеха.

В-четвертых, внедряется современная культура бизнеса. Появление иностранных компаний и менеджеров в Украине, равно как и регулярные поездки украинских предпринимателей за рубеж, ознакомили широкие круги отечественных производителей с другим типом бизнес-культуры.

В-пятых, расширяются экспортные возможности. Экономический кризис 1991-1998 гг. в Украине резко сократил величину внутреннего спроса. В результате большинство национальных производителей было вынуждено кардинально уменьшить объемы выпуска своей продукции. Тем не менее, часть украинских компаний смогла компенсировать свои потери на внутреннем рынке за счет расширения экспортных поставок. Конечно, успешные украинские экспортеры концентрируются в основном в сырьевых отраслях (добыча руд и нерудных ископаемых) и в отраслях, производящих первичные продукты (черная и цветная металлургия, базовая химия, нефтепродукты).

Вместе с тем, внешняя торговля создает угрозы для экономического развития в тех случаях, когда:

1. Ухудшается отраслевая структура. Как известно, одной из главных проблем советской экономики был масштабный технологический разрыв между различными секторами экономики. Высокие технологии, новые машины и оборудование были сосредоточены в военно-промышленном комплексе и энергосырьевом секторе, в то время как сектор потребительских товаров и услуг почти не получал качественных ресурсов. Как следствие отраслевая структура советской экономики была слишком «тяжелой». Это выражалось в повышенной энергоемкости и материалоемкости производства, замедлении инновационных процессов, деградации отраслей потребительского сектора, социально-экологических проблемах и других негативных явлениях. Неравные стартовые условия и отсутствие серьезной поддержки отстающих отраслей увеличили разрыв между различными секторами.

2. Подавляются импульсы развития в отстающих отраслях. К числу таких отраслей следует отнести легкую промышленность; большинство подотраслей машиностроения (производство электроники, станкостроение, авиастроение, транспортное машиностроение); химическую промышленность, ориентированную на внутренний спрос; местную промышленность в депрессивных регионах. В частности, украинский текстиль, как правило, не мог полноценно конкурировать с гораздо более дешевыми изделиями из Китая и других азиатских стран, для ввоза которых в Украину не существовало сколько-нибудь серьезных барьеров. Украинские машины и оборудование в большинстве случаев значительно уступают импортным аналогам по качественным характеристикам, что в конечном итоге тоже привело к утрате их позиций на внутреннем рынке.

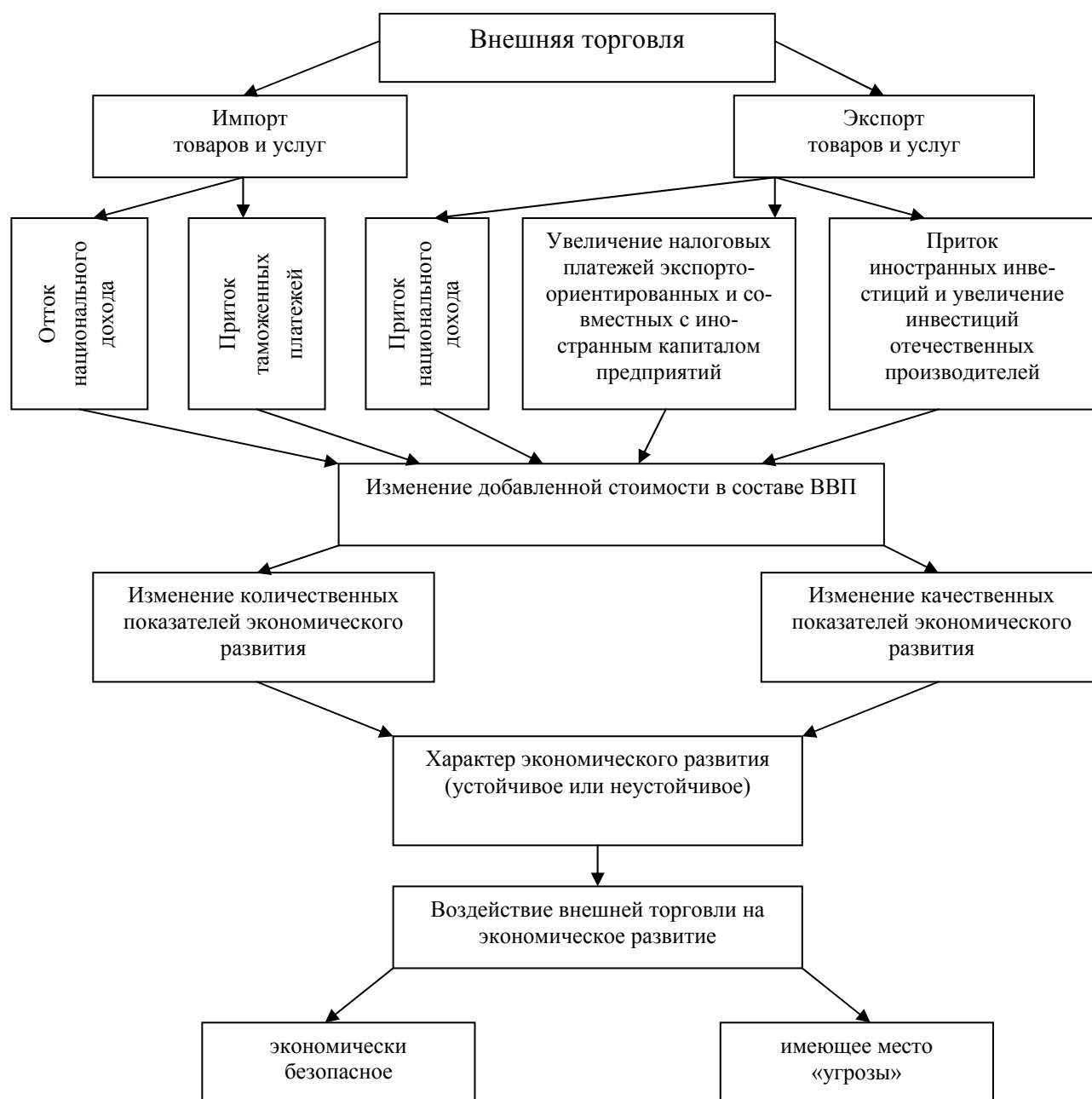


Рис. 1. Трансмиссионный механизм воздействия внешней торговли на экономическое развитие

3. Ослабляются экономические связи, и происходит анклавизация национальной экономики. В процессе кризиса технологический разрыв между секторами трансформировался в экономический. Благополучные экспортоориентированные отрасли довольно быстро сократили свои связи с украинскими партнерами. Внутренний спрос на конкурентоспособные товары украинского производства также снизился. В результате, украинская экономика распалась на экономические анклавы. Финансово успешные отрасли и территории имеют очень ограниченные экономические связи с депрессивными секторами и регионами.

4. Имеет место отток капитала. Либерализация правил трансграничных финансовых операций при слабости национальной правоохранительной системы

и экономических трудностях привела к крупномасштабной утечке капитала из Украины.

Указанные отрицательные последствия создают угрозу безопасного развития экономики страны, что закономерно ставит проблему количественной оценки критических значений, отклонение от которых свидетельствует о возможности нарастания неустойчивости в экономическом развитии и позволяет своевременно блокировать неблагоприятные тенденции.

В экономической литературе достаточно подробно раскрыты индикаторы безопасности внешней торговли, которые включают не только количественные показатели (доля товарных ресурсов, поступивших по импорту, в общем объеме товарных ресурсов; доля экспорта в общем объеме добычи и производства продукции; доля чистого экспорта в ВВП), но и каче-

ственные показатели, характеризующие структуру экспорта (доля в экспорте продукции обрабатывающей промышленности, доля в экспорте высокотехнологичной продукции и пр.)

Воздействие внешней торговли на экономическое развитие в странах с транзитивной экономикой, несомненно, имеет свои особенности. Такие государства переживают период глубоких транзитивных изменений, отличающихся тем, что:

- как правило, они не завершили этап индустриализации, в силу чего их торговля с внешним миром сводится к обмену сырья и полуфабрикатов на готовую продукцию с высокой долей добавленной стоимости. Такой тип внешнеторгового оборота затрудняет выход страны из периферийной зоны;
- существует значительная деформация рыночного механизма, проявляющаяся в сильной монополизации экономики;
- сокращается сфера государственного регулирования экономики по причине дефицитности бюджетных средств;
- имеет место блокирование рыночного механизма перелива ресурсов;
- происходит сжатие государственного сектора и его социальных функций.

Кроме этого, в современной экономике большое значение имеют такие факторы, как неравное распределение силы между странами, возможный сговор между несколькими весьма сильными правительствами и транснациональными корпорациями и возросшая на этой основе способность и тех, и других манипулировать мировыми ценами, уровнями производства и спросом. Поэтому в трансформационной национальной экономике механизм влияния внешней торговли на экономическое развитие значительно модифицируется. Во-первых, страны с переходной экономикой обладают сравнительными преимуществами в производстве сырья и полуфабрикатов, которые они меняют на готовую продукцию с высокой долей добавленной стоимости. Такой тип товарооборота затрудняет выход страны из периферийной зоны.

Во-вторых, внешняя торговля усиливает приток иностранной валюты в страну, что вызывает негативные последствия: рост реального курса рубля, который сближает уровни внутренних и мировых цен, снижая тем самым ценовую конкурентоспособность отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынках, оказывая сдерживающее влияние на экспорт и стимулирующее – на импорт.

Кроме того, в условиях укрепления номинального курса национальной валюты возникает приток в страну спекулятивного капитала, который способен еще больше укрепить этот курс. В-третьих, сырьевой характер экспорта Украины является серьезной угрозой для стабильного экономического развития страны:

- усиливается асимметрия в отечественной промышленности в пользу отраслей по добыче и первичной обработке сырья в ущерб отраслям с высокой долей добавленной стоимости, что приводит к деиндустриализации отечественного хозяйства;

- импортируемые товары оплачиваются растущим количеством невозобновляемого топлива и сырья;

- наличие высокой уязвимости экономики в связи с постоянными изменениями внешнеэкономической конъюнктуры и колебаниями цен на мировом рынке нефти;

- отсутствие межотраслевого перелива капитала из экспортоориентированных в импортозамещающие отрасли, то есть капитал в виде экспортной валютной выручки реинвестируется в экспортоориентированные отрасли, не стимулируя остальные отрасли украинской экономики;

- сконцентрированность инвестиций в экспортных сырьевых отраслях приводит к деиндустриализации хозяйства и потере конкурентоспособности на внешнем и внутреннем рынках. Тем самым, рост экспорта сырья тормозит развитие других отраслей.

В-четвертых, основные выгоды от внешней торговли, как правило, достаются странам с высоким уровнем дохода, а в развивающихся – иностранным резидентам и гражданам с высоким уровнем дохода. Поэтому внешняя торговля усиливает уже существующее неравенство.

В-пятых, выгоды от торговли могут не достаться гражданам данной страны в том случае, когда предприятие принадлежит иностранной компании и иностранные акционеры получают прибыль от экспорта продукции. Если компании обладают властью монополии, заработная плата будет значительно занижена.

В-шестых, внешняя торговля может вызвать недовольство населения в развивающихся странах, если население не в состоянии купить товары, импортируемые из богатых стран.

Необходимо также отметить, что внешняя торговля влечет за собой внешние издержки в виде загрязнения окружающей среды, поскольку большинство украинских сырьевых экспортных товаров производится в отраслях, наиболее отрицательно влияющих на экологию (металлургия, базовая химия). В систематизированном виде особенности воздействия внешней торговли на экономическое развитие транзитивной экономики Украины представлены в табл. 1.

Внешняя торговля влияет на характер экономического развития (безопасный или имеющий «угрозы» развитию) посредством изменения добавленной стоимости в составе ВВП, которая, в свою очередь, зависит от величины следующих компонентов: притока и оттока национального дохода, таможенных платежей, налоговых платежей экспортоориентированных и совместных с иностранным капиталом предприятий, иностранных инвестиций и инвестиций отечественных производителей.

Изменение добавленной стоимости вызывает соответствующее изменение количественных и качественных показателей экономического развития, устойчивый и неустойчивый характер экономического развития, что в итоге отражает характер экономически безопасного воздействия внешней торговли на развитие национальной и региональной экономики (экономически безопасный или имеющий «угрозы»).

Таблица 1

Особенности воздействия внешней торговли на экономическое развитие в транзитивной экономике

Основные тенденции в рыночной экономике	Особенности в транзитивной экономике
<p>1. Внешняя торговля содействует экономическому развитию стран, стимулируя те сектора экономики, в которых отдельные страны обладают сравнительными преимуществами, через повышение эффективности трудовых ресурсов и лучшее обеспечение факторами производства</p>	<p>1. Страны с переходной экономикой обладают сравнительными преимуществами в производстве сырья и полуфабрикатов, которые они меняют на готовую продукцию с высокой долей добавленной стоимости. Такой тип товарооборота затрудняет выход страны из периферийной зоны.</p> <p>2. Внешняя торговля усиливает приток иностранной валюты в страну, что способствует росту реального курса гривны и снижению конкурентоспособности отечественных товаропроизводителей</p>
<p>2. Экспорт сырьевых товаров обеспечивает «выход для избытка», т.е. возможности для использования ресурсов, которые в противном случае не были бы использованы.</p> <p>Экспорт сырьевых товаров служит «двигателем экономического роста» развивающейся страны</p>	<p>Сырьевой характер экспорта Украины приводит к негативным последствиям для экономики страны:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- усиливается асимметрия в структуре отечественной промышленности в пользу отраслей по добыче и первичной обработке сырья в ущерб отраслям с высокой долей добавленной стоимости;</li> <li>- импортируемые товары оплачиваются растущим количеством невозобновляемого топлива и сырья;</li> <li>- высокая уязвимость экономики в связи с постоянными изменениями внешнеэкономической конъюнктуры и колебаниями цен на мировом рынке;</li> <li>- отсутствует межотраслевой перелив капитала из экспортоориентированных в импортозамещающие отрасли;</li> <li>- сконцентрированность инвестиций в экспортных сырьевых отраслях приводит к деиндустриализации хозяйства и потере конкурентоспособности на внешнем и внутреннем рынках</li> </ul>
<p>3. Внешняя торговля уменьшает разницу в доходах внутри страны (спрос на экспортные товары увеличивает спрос на относительно дешевые факторы производства, а импорт снижает спрос на относительно дорогие товары)</p>	<p>Внешняя торговля приводит к росту дифференциации доходов населения:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) выгоды от внешней торговли достаются странам с высоким уровнем доходов, а в развивающихся – иностранным резидентам и гражданам с высоким уровнем доходов;</li> <li>2) отсутствие механизмов эффективного перераспределения нефтяной ренты в пользу государства приводит к высокой дифференциации доходов и социальному неравенству;</li> <li>3) в случае, если предприятие принадлежит иностранной компании, которая обладает властью монополии, заработная плата украинских граждан будет весьма низкой</li> </ol>
<p>4. Внешняя торговля расширяет спрос потребительского сектора страны, способствует росту мирового производства и обеспечивает доступ к дефицитным ресурсам, без которых бедные страны не могут развиваться</p>	<p>Внешняя торговля может вызвать недовольство населения в развивающихся странах, если население не в состоянии купить товары, импортируемые из богатых стран</p>

На наш взгляд, первый подход в определенной мере формален. Опыт Голландии и Украины показывает, что при различной природе стремительного увеличения экспорта такой рост сам по себе порождает схожие последствия. Аргументы же сторонников второй точки зрения недостаточно убедительны. Они игнорируют тот очевидный факт, что по мере укрепления гривны происходит сближение уровней внутренних и мировых цен или, иными словами, снижение запаса ценовой конкурентоспособности отечественной экспортной и импортозамещающей продукции. Это относится как к готовым изделиям, так и к сырьевым товарам. Укрепление гривны в конечном итоге подталкивает увеличение импорта.

Снижается и эффективность экспорта (отношение затрат на его осуществление к выручке), которая при достижении определенного предела может сделать поставки на внешний рынок экономически нецелесообразными. На наш взгляд, это свидетельствует о симптомах голландской болезни.

Проведенный анализ основных тенденций внешней торговли в рыночной экономике и их особенностей в транзитивной экономике позволяет выявить теоретические каналы воздействия внешней торговли на экономическое развитие в условиях внешней торговли, основанной на экспорте высокотехнологичных изделий, и внешней торговли, основанной на экспорте сырья. В итоге получен трансмиссионный меха-

низ безопасного и имеющего «угрозы» влияния внешней торговли на экономическое развитие. Воздействие внешней торговли имеет разную степень опасности для экономического развития. На наш взгляд, во многом это зависит не только от количественных показателей внешней торговли, но также от качественных, основным из которых является структура экспорта.

Таким образом, внешняя торговля, основанная на экспорте высокотехнологичных изделий, предоставляет наибольшие возможности по расширению экспорта товаров со значительной долей добавленной стоимостью. Это создает значительный уровень национального дохода в этих странах, обеспечивает высокие количественные и качественные показатели экономического развития, что стимулирует устойчивый экономически безопасный характер развития национальной экономики.

Если же внешняя торговля основана на экспорте сырья, то она стимулирует отрасли с низкой добавленной стоимостью. В условиях ограниченных возможностей экспорта происходит уступка части дохода развитым странам, что приводит к снижению уровня национального дохода и потребления в стра-

не. В свою очередь, это вызывает уменьшение количественных и качественных показателей экономического развития, что означает неустойчивый, экономически опасный характер развития национальной экономики.

#### Список литературы

1. Загашвили В. Международная экономическая взаимозависимость. – М.: МГИМО. – 1994. – 58 с.
2. Світові тенденції розвитку прихованих засобів державної підтримки вітчизняного виробництва // Вісник Хмельницького нац. ун-ту. – 2006/2, Т. 1(81). – С. 117-125.
3. World Economy in Figures 2007 // [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org). 16 p.
4. UN Commodity Trade Statistics Database // <http://unstats.un.org/unsd/comtrade>.
5. <http://www.ukrstat.gov.ua> // Державний комітет статистики.

*Рекомендовано до публікації д.е.н. Т.Б. Решетіловою 18.12.08*

## РЕЦЕНЗІЯ

на підручник “Буровые машины и механизмы” (Киев; Донецк: Вища шк., Головное изд-во, 1985. – 176 с.)

Автор: М.А. Дудля

В Україні це перше видання підручника для студентів вищих начальних закладів, де комплексно розглянуті конструкції сучасних бурових машин, механізмів та споруд, призначених для обертального буріння геологорозвідувальних свердловин.

Розглянемо зміст підручника по розділах. Складається він із десяти глав та списку літератури із 23 найменувань.

У першій главі розглядаються бурові вишки та шогли: призначення, класифікація та конструктивні схеми, основні параметри вишок та шогл, розрахунки навантажень на них, а також монтаж, демонтаж та їх транспортування.

Друга глава підручника розглядає інструмент та механізми для спуско-піднімальних операцій: призначення талевих систем та зусилля у канатах, сталеві канати – їх вибір, застосування та розрахунок, крон-блоки і талеві блоки, вертлюги-амортизатори і вертлюги-сальники, елеватори та трубозвороти, умови їх застосування та експлуатації.

У третій главі підручника розглянуто бурові лебідки і гальмівну систему: довготривалість спуско-піднімальних операцій, призначення та конструкція лебідок, їх основні параметри та розрахунок гальм різних конструкцій бурових лебідок.

Четверта глава розглядає обертачі та механізми подачі: призначення та конструкція обертачів, їх основні параметри, конструкція та умови застосування механізмів подачі.

У п'ятій главі підручника розглянуто установки для геологорозвідувального обертального буріння: загальні відомості, бурові установки типу УКБ та ЗИФ, самохідні бурові установки з рухомим та роторним обертачами, їх конструкція та умови експлуатації, докладно наведені технічні характеристики найбільш розповсюджених в геологорозвідувальній практиці бурових установок та насосів. Особлива увага приділена питанням розгляду схеми побудови та роботи гідравлічної системи бурових станків.

Установки для буріння свердловин у підземних умовах розглянуто в шостій главі підручника: призначення і класифікація бурового устаткування, конструкція основних вузлів бурових верстатів, а також установки для підземного буріння, їх конструктивні особливості та умови експлуатації.

У сьомій главі розглянуто силовий привід бурових установок: види приводу і вимоги до нього, розрахунок потужностей, затрачуваних при бурінні геологорозвідувальних свердловин, а також при підйомі бурового інструмента.

Вибірні бурові машини детально розглянуто у восьмій главі підручника: загальні відомості, особливості конструкції, класифікація, схеми та принцип дії гідроударних машин. Особлива увага приділена основним конструкціям пневмоударників та розрахунок їх характеристик.

У главі дев'ятій розглядаються бурові насоси: призначення та основні кінематичні схеми бурових насосів, їх основні конструкції та розрахункові залежності для визначення подачі насосів.

Обладнання для приготування і очищення промивальних рідин розглянуто у десятій главі підручника: установки для приготування промивальних рідин та установки для очищення промивальних рідин від частинок породи (бурового шламу).

Матеріали підручника надруковані в книзі “Zarys inzynierii wiertniczej”, czesc II, Krakow, 1990 і використовуються у навчальному процесі при підготовці фахівців по спеціальності «Техніка буріння геологорозвідувальних свердловин» у Краківській гірничо-металургійній академії (Польща). Книга пройшла апробацію у вищих навчальних закладах України, Росії, Казахстану та Польщі.

Підручник написано лаконічною науковою мовою, ілюстровано великою кількістю рисунків і таблиць, написаний він професійно і затверджений Міністерством освіти і науки України для студентів вищих навчальних закладів гірничого та геологічного напрямку підготовки.

Матеріал книги є прекрасним джерелом знань для інженерно-технічних працівників, які займаються бурінням розвідувальних свердловин, а також представляє інтерес для широкого кола аспірантів та науковців.

*Завідуючий відділом механіки машин і процесів переробки мінеральної сировини Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, доктор технічних наук, професор В.П. Надутий*

## РЕЦЕНЗІЯ

на підручник “Техніка та технологія буріння гідрогеологічних свердловин”

(Д.; Національний гірничий університет. 2007. – 399 с.)

Автори: М.А. Дудля, І.О. Садовенко

У 2007 році в Україні надруковано підручник “Техніка та технологія буріння гідрогеологічних свердловин”, де вперше комплексно висвітлюються найголовніші питання, що охоплюють процеси проектування, розвідки та організації буріння гідрогеологічних свердловин.

Підручник складається із семи розділів, методичних вказівок до виконання курсового проекту з буріння свердловин на воду, списку літератури із 59 найменувань, предметного покажчика та додатків.

У першому розділі підручника розглянуто загальні відомості про підземні води: вода в надрах Зе-

млі, водна оболонка Землі, властивості води і рух води.

Другий розділ присвячено особливостям буріння свердловин на воду: способи буріння свердловин, їх промивання під час буріння, конструкції свердловин на воду, їх тампонування та розглинізація стінок, установка сальників та питання досліджень у свердловинах.

Технологія та техніка буріння свердловин розглянуті в третьому розділі підручника: технологія ударно-канатного буріння, технологія та бурові установки зі зворотним промиванням, самохідні бурові установки з рухомим і роторним обертачами, буріння свердловин із промиванням водою та інтенсивність виносу бурового шламу, боротьба зі скривленням свердловин, а також гідрогеологічні спостереження та документація.

Четвертий розділ присвячено промивальним рідинам для розкриття водоносних горизонтів: сучасні способи розкриття водоносних горизонтів, пряме промивання водою, розкриття водоносних горизонтів при промиванні глинистими, спеціальними та керованими розчинами, безфільтрове освоєння свердловин і гідровмивання фільтра, збереження природної проникності водоносного горизонту, застосування намагніченої рідини для розкриття водоносних горизонтів.

У п'ятому розділі розглянуто фільтри для свердловин: типи та конструкції фільтрів, свердловинні та колодязні фільтри, розрахунки основних параметрів фільтра та установлення фільтрів у свердловинах.

Шостий розділ розглядає питання експлуатації та ремонту водозабірних свердловин: приймання свердловин до експлуатації, обстеження та ремонт свердловин, водопідйомники та насосні станції над

свердловинами, ліквідаційне тампонування свердловин та техніка безпеки при експлуатації водозабірних свердловин.

Охорона навколишнього природного середовища при бурінні свердловин розглянута в сьомому розділі підручника: екологічні вимоги при бурінні свердловин на воду, рекультивация земель при бурінні геологорозвідувальних свердловин та очищення геологічного середовища від забруднень (методи геопургології).

Кожний розділ підручника закінчується контрольними запитаннями, що, на наш погляд, має велике значення для вивчення та контролю знань студентами.

Авторами розроблено методичні вказівки до виконання курсового проекту з буріння свердловин на воду та наведено додатки, де подано технічні та експлуатаційні характеристики бурових установок і обладнання, бурових насосів та водопіднімальних установок, обсадних і бурильних труб, що дає можливість студентам отримати необхідні довідкові матеріали під час розрахунків.

Книга – прекрасна наукова праця, ілюстрована великою кількістю рисунків та таблиць. Все це створює у читача цілісне враження при вивченні дисципліни “Технологія буріння свердловин на воду”.

Підручник написано високопрофесійно, його затверджено Міністерством освіти і науки України для студентів вищих навчальних закладів гірничих та геологічних спеціальностей, а також рекомендовано аспірантам, науковцям та інженерно-технічним працівникам геологорозвідувальних організацій.

*Генеральний директор КП «Південукргеологія»,  
кандидат технічних наук М.В. Фоцій*





**Исполнилось 60 лет Василию Ивановичу Ляшенко** — старшему научному сотруднику, кандидату технических наук, заслуженному изобретателю Украины, действительному члену Международной Академии авторов научных открытий и изобретений, член-корреспонденту Украинской экологической Академии наук, ученому секретарю, начальнику научно-исследовательского отдела государственного предприятия «Украинский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт промышленной технологии» Министерства топлива и энергетики Украины.

Ляшенко В.И. — известный специалист в области подземной разработки урановых и рудных месторождений сложной структуры. В 1972 году с отличием окончил горный факультет Криворожского горнорудного института. Трудовую деятельность в качестве горного инженера начал в филиале № 2 института «ПромНИИпроект» Министерства среднего машиностроения СССР. Заочно окончил аспирантуру Московского геологоразведочного института имени Серго Орджоникидзе. С 1991 по 2002 год работал заместителем главы госадминистрации города Желтые Воды (Украина) по вопросам экологии и научных программ. В 1994 году защитил кандидатскую диссертацию в Горной академии Украины (г. Днепрпетровск). Отмечен знаком **“Изобретатель СССР”**. За личный вклад в развитие горнорудного производства, весомые трудовые достижения в 1995 году Указом Президента Украины ему присуждено Почетное звание **“Заслуженный изобретатель Украины”**. В 2002 году решением Президиума Международной Академии авторов научных открытий и изобретений избран действительным членом этой Академии. В 2003 году по представлению ученого совета Национального горного университета решением Высшей аттестационной комиссии Украины ему присвоено ученое звание старшего научного сотрудника, а в 2005 году он избран член-корреспондентом Украинской экологической академии наук.

Автор более 250 научных работ, в том числе 2 монографий, 10 брошюр, 44 изобретений и патентов, а также статей в журналах: 18 – в «Горном журнале»,

55 – «Цветная металлургия», 24 – «Безопасность труда в промышленности», 21 – «Науковий вісник НГУ», 18 – «Металургическая и горнорудная промышленность», 8 – «Екологія довкілля та безпека життєдіяльності», а также «Шахтное строительство», Стандарты и качество», «Уголь Украины» и других изданиях.

Ляшенко В.И. — известный ученый в области охраны окружающей среды и недр при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. Его работы по созданию научных основ, усовершенствованию и внедрению в производство природо- и ресурсосберегающих методов, технологий и технических средств для месторождений сложной структуры и горных предприятий сырьевой базы атомной энергетики СНГ имеют фундаментальную и прикладную направленность, они наиболее полно освещались в журнале «Цветная металлургия» в 1989-2006 годах. Для повышения эффективности подземной разработки урановых месторождений им впервые в отрасли разработан и введен в действие комплект стандартов горного производства, а также оптимизированные нормативы потерь и разубоживания руды, вскрытых подготовленных и готовых к выемке запасов, методики управления ими. Развивая указанные направления, Ляшенко В.И. совместно с докторами технических наук, профессорами Голиком В.И., Колоколовым О.В. и другими ведущими специалистами отрасли участвует в создании новых технологий и технических средств, не имеющих аналогов в горном производстве. Это – дезинтеграторная технология приготовления вяжущих материалов, мембранная очистка шахтных вод, трубопроводный транспорт закладочных смесей, в том числе для глубоких шахт (более 1000 м), электрогидрофицированная техника в производственных процессах, разработка запасов руды подречного целика (р. Ингул) в интервале глубин 90-40 м от поверхности, сочетание традиционных подземных способов разработки урановых месторождений с подземным выщелачиванием рудных тел, селективной отработкой богатых участков и разработкой техногенного сырья.

В органах государственной исполнительной власти Ляшенко В.И. занимался вопросами охраны окружающей природной среды, руководил разработкой **“Государственной программы мероприятий по радиационной и социальной защите населения города Желтые Воды Днепрпетровской области”**, рассчитанной на период 1996-2005 годы и утвержденной постановлением Кабинета Министров Украины от 8 июня 1995 года № 400. С 1996 по 2002 год он осуществлял координацию работ по реализации указанной и других научных программ города, был научным консультантом в области радиоэкологии и радиационной безопасности объектов, населения и окружающей среды.

В УкрНИИПромтехнологии координировал разработку Государственной программы ликвидации радиационно-опасных объектов производственного объединения «Приднепровский химический завод»,

рассчитанную на период 2004-2013 годы и утвержденную Постановлением Кабинета Министров Украины от 26 ноября 2003 года № 1848, отраслевыми документами в области геомеханики и сейсмобезопасной технологии отработки урановых месторождений, осуществляет научное сопровождение уранового производства в Украине.

Ляшенко В.И. совместно с член-кор. АМН Украины, доктором медицинских наук, профессором Люлько А.В. впервые дана оценка влияния загрязнения окружающей природной среды на здоровье человека с учетом отдаленных во времени последствий, проведен уникальный эксперимент создания и внедрения противорадиационных мероприятий для жилого сектора г. Желтые Воды, население которого вынуждено более 50-ти лет проживать в зоне техногенного и природного радиационного загрязнения, классифицированы новые эффективные приборы и автоматизированные комплексы радиационного контроля для промышленности, науки, экологии, медицины, предотвращения ядерного (радиационного) терроризма и радиозэкологического мониторинга окружающей среды, объектов, персонала и защиты населения от источников ионизирующего излучения в Украине.

Результаты научных исследований Ляшенко В.И. наиболее полно опубликованы в известных центральных и отраслевых издательствах, которые вошли во многие утвержденные нормативные документы, относящиеся к горному делу, охране недр, окружающей природной среды и защите населения, про-

живающего в зоне природного и техногенного радиационного загрязнения.

Горнотехническая общественность поздравляет **Василия Ивановича** с юбилеем и желает ему здоровья и дальнейших творческих успехов.

*Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт промышленной технологии» (ГП "УкрНИПИпромтехнологии"), Желтоводский городской совет, государственное предприятие «Восточный горно-обогатительный комбинат» (ГП «ВостГОК»), государственное предприятие «Дирекция предприятия, строящегося на базе Новоконстантиновского месторождения урановых руд» (ГП «Дирекция»), государственное предприятие «Научно-исследовательский горнорудный институт (ГП «НИГРИ»), общество с ограниченной ответственностью «Позитрон ГмбН» (ООО «Позитрон ГмбН»), научно-производственное предприятие «Кривбассакадеминвест» (НПП «Кривбассакадеминвест»), Национальный горный университет, Криворожский технический университет, Московский геологоразведочный университет, Северокавказский горнометаллургический университет, Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, Институт геотехнической механики Национальной академии Украины*

Багрова Інна Василівна	професор кафедри маркетингу НГУ, д.е.н.
Буц Юрій Володимирович	професор кафедри менеджменту організацій НГУ, к.е.н.
Варшавський Юлій Іоганович	інженер ДП “Дондіпровуглемаш”
Ганкевич Валентин Феодосійович	доцент кафедри гірничих машин та інжинірингу НГУ, к.т.н.
Гребьонкін Сергій Семенович	професор кафедри „Інноваційного менеджменту ДонДУУ”, д.т.н.
Євтєєв Володимир Васильович	аспірант кафедри гірничої механіки НГУ
Кириченко Володимир Євгенович	аспірант кафедри гірничої механіки НГУ
Кириченко Євген Олексійович	професор кафедри гірничої механіки НГУ, д.т.н.
Кислова Людмила Анатоліївна	старший викладач Маріупольського державного гуманітарного університету
Кіпко Олександр Ернестович	доцент Антрацитівського факультету гірництва та транспорту СНУ ім. В. Даля, к.т.н.
Ковалевська Ірина Анатоліївна	професор кафедри ПРР НГУ, д.т.н.
Косарєв Василь Васильович	директор ДП “Дондіпровуглемаш”, к.т.н.
Косарєв Іван Васильович	інженер ДП “Дондіпровуглемаш”
Кременчуцький Микола Феофанович	професор кафедри аерології та охорони праці НГУ, д.т.н.
Курмельов Ігор Іванович	доцент кафедри мінералогії та петрографії НГУ, к.г.н.
Курмельов Андрій Ігоревич	аспірант кафедри ГРРКК НГУ
Луцик Олександр Сергійович	головний конструктор заводу “Дніпробурмаш”
Монастирський Юрій Анатолійович	доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства КТУ, к.т.н.
Муха Олег Анатолійович	доцент кафедри аерології та охорони праці НГУ, к.т.н.
Півняк Геннадій Григорович	ректор НГУ, академік НАН України, професор, д.т.н.
Пугач Іван Іванович	асистент кафедри аерології та охорони праці НГУ
Пугач Сергій Іванович	асистент кафедри аерології та охорони праці НГУ
Радчук Дмитро Ігоревич	аспірант кафедри аерології та охорони праці НГУ
Романюков Артем Валерійович	молодший науковий співробітник кафедри гірничих машин та інжинірингу НГУ
Рябічев Віктор Дронович	декан Антрацитівського факультету гірництва та транспорту СНУ ім. В. Даля, доцент, к.т.н.
Рябчій Валерій Архипович	доцент кафедри геодезії НГУ
Рябчій Владислав Валерійович	доцент кафедри геодезії НГУ, к.т.н.
Сірик Віктор Федорович	менеджер-конструктор інноваційного відділу заводу “Дніпробурмаш”
Соболев Валерій Вікторович	професор кафедри будівництва і геомеханіки НГУ, д.т.н.
Стадник Микола Іванович	перший заступник директора ДП “Дондіпровуглемаш”
Столбченко Олена Володимирівна	асистентка кафедри аерології та охорони праці НГУ
Татуревич Артем Аркадійович	студент НГУ
Титов Олександр Олександрович	доцент кафедри гірничих машин НГУ, к.т.н.
Ткачов Віктор Васильович	завідувач кафедри автоматизації комп’ютерних систем, професор, д.т.н.
Топчий Сергій Євгенович	начальник ДП „Луганський експертно-технічний центр”, к.т.н.
Убай Юсеф Саламах Аль Мададха	аспірант кафедри ЕКІТ НГУ
Устименко Євген Борисович	технічний директор ДП «НВО “Павлоградський хімічний завод”», к.т.н.
Хазіпов Ігор Володимирович	аспірант кафедри розробки родовищ корисних копалин ДонНТУ
Харін Сергій Анатолійович	доцент кафедри менеджменту Криворізького економічного інституту КНЕУ, к.т.н.
Чеберячко Сергій Іванович	доцент кафедри аерології та охорони праці НГУ, к.т.н.
Шиман Леонід Миколайович	генеральний дир. ДП «НВО “Павлоградський хімічний завод”», к.т.н.
Шипунова Ірина Вікторівна	науковий співробітник ДонНДІ
Шкрабець Федір Павлович	завідувач кафедри електричних машин НГУ, професор, д.т.н.

## З М І С Т

<b>Хазипов И.В.</b> Методика определения параметров искусственного охранного сооружения, возводимого из опорных элементов, представляющих собой породу, заключенную в оболочку .....	3
<b>Харин С.А.</b> Исследование влияния крепости пород на скорость проходки горизонтальных выработок .....	6
<b>Сірик В.Ф., Титов О.О., Ганкевич В.Ф., Луцик О.С.</b> Свердловинні амортизатори як засіб підвищення продуктивності буріння твердих порід .....	10
<b>Шиман Л.Н., Устименко Е.Б., Соболев В.В.</b> Наливные эмульсионные взрывчатые вещества. 5. ЭВВ “ЕРА” – продукция государственного предприятия «НПО “Павлоградский химический завод”» .....	14
<b>Кипко А.Э.</b> О гидравлических потерях при движении тампонажного раствора в трещине .....	17
<b>Ковалевская И.А.</b> Построение функции цели для выбора рациональной деформационной характеристики подсистемы “упрочненные породы – крепь” .....	20
<b>Кременчуцький М.Ф., Муха О.А., Пугач І.І., Пугач С.І., Столбченко О.В.</b> Визначення параметрів вентиляційної системи при використанні паралельних трубопроводів .....	23
<b>Чеберячко С.І., Радчук Д.І.</b> Оцінка впливу смуги обтюратації на ефективність протипилових півмасок .....	25
<b>Курмелев И.И., Курмелев А.И.</b> Методика прогнозирования содержания редких элементов в продуктах обогащения углей .....	30
<b>Рябчій В.А., Рябчій В.В.</b> Проблема стыковки меж суміжних земельних ділянок у черговому кадастровому плані міст .....	32
<b>Кириченко В.Е., Романюков А.В., Татуревич А.А.</b> Исследование параметров гидроудара при переходных режимах в глубоководных гидроподъемах .....	37
<b>Монастирський Ю.А.</b> Аналіз досвіду експлуатації першої партії кар’єрних самоскидів БЕЛАЗ-75131 в умовах ВАТ “Інгулецький ГЗК” .....	45
<b>Евтеев В.В., Кириченко Е.А.</b> Экспериментальное исследование параметров вертикального потока трехкомпонентной смеси в эрлифтном гидроподъеме .....	47
<b>Гребенкин С.С., Топчий С.Е., Рябичев В.Д., Шипунова И.В.</b> Перспективы и возможности создания нового типа привода горных машин .....	54
<b>Шкрабец Ф.П.</b> Пути повышения безаварийности распределительных сетей горных предприятий .....	59
<b>Убай Юсеф Саламах Аль Мададха.</b> Автоматический контроль массовой доли железа в хвостах магнитного сепаратора .....	66
<b>Пивняк Г.Г., Косарев В.В., Стадник Н.И., Ткачев В.В.</b> Энергосбережение за счет внедрения высокопроизводительного оборудования нового поколения .....	68
<b>Косарев В.В., Стадник Н.И., Косарев И.В., Варшавский Ю.И., Ткачев В.В.</b> Поддержание концентрации эмульсии в гидросистеме очистных механизированных комплексов .....	72
<b>Багрова И.В.</b> К вопросу оплаты интеллектуально-направленного труда рабочих наивысшей квалификации на предприятии .....	79
<b>Буц Ю.В.</b> Економічна оцінка та вибір організаційно-технологічних рішень на альтернативній основі .....	84
<b>Кислова Л.А.</b> Трансмиссионный механизм влияния внешней торговли на экономическое развитие .....	89
<b>Надутьий В.П.</b> Рецензія на підручник “Буровые машины и механизмы” .....	95
<b>Фошій М.В.</b> Рецензія на підручник “Техніка та технологія буріння гідрогеологічних свердловин” .....	95
<b>К 60-летию со дня рождения В.И. Ляшенко</b> .....	97
<b>Відомості про авторів</b> .....	99