

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**ГЕОТЕХНОЛОГИИ И УПРАВЛЕНИЕ  
ПРОИЗВОДСТВОМ XXI ВЕКА**

**Сборник научных трудов**

**II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ**

2-3 октября 2007 года, г. Донецк

ДОНЕЦК 2007

УДК622  
Г36

Г36 Геотехнологии и управление производством XXI века. Сборник научных трудов II международной научно-практической конференции в г. Донецке 2–3 октября 2007 года, — Донецк: ДонНТУ, 2007. — 280 с.

В сборник включены материалы, отражающие вопросы технологии подземной разработки, геомеханики, технологии проведения выработок, вопросы безопасности ведения горных работ, а также экологической безопасности горных предприятий.

Сборник рассчитан на научных сотрудников, инженерно-технических работников шахт, проектных организаций, учебных и научно-исследовательских институтов горного профиля.

#### ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Проф. Александров С.Н. — директор Горного института ДонНТУ; проф. Христиан Пробрж — декан факультета геотехники Силезкого ТУ, Гливице, Польша; проф. Владимир Сливка — декан горного факультета ТУ Острава, Чехия; проф. П.Кънев — зав. кафедрой индустриального бизнеса и предпринимательства Хозяйственной Академии им.Д.А.Ценова, Свиштов, Болгария

#### ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель — декан ФГТУ Булгаков Ю.Ф.

Зам. председателя — зам. декана Подкопаев С.В.; зам. директора Мороз О.К.

Ученый секретарь — доц. Костюк И.С.

Члены оргкомитета — зав.кафедрой Касьян Н.Н.; зав.кафедрой Костенко В.К.; зав.кафедрой Мартякова Е.В.; проф. Самойлов В.Л.; доц. Николаев Е.Б.

©Донецкий национальный технический университет, 2007



## *Доброй памяти Шефа посвящается...*

Как ни грустно, но жизнь любого человека рано или поздно обрамляется двумя датами...

Константин Федорович Сапицкий родился 2 октября 1927 года. В этом году ему исполнилось бы 80, но неумолимое время второй датой выбрало 17 сентября 2003 и уже 4 года его нет среди нас...

После жизни прожитой активно и ярко человек оставляет многое. Наследие Константина Федоровича или просто Шефа, как звали его за глаза на кафедре и как называют его, вспоминая сегодня, все его ученики и коллеги, достаточно велико. Масса научных статей, монографии, изобретения, высокие звания и награды, внушительный перечень художественных произведений – пьесы, повести, рассказы. Шеф пробовал себя даже в жанре научно-

популярном, и это ему неплохо удалось. Знаменитый его «Солнечный камень», где просто и доходчиво объяснялось для неспециалистов, почему подземная разработка угля называлась издавна «горным искусством», был в свое время издан очень массовым тиражом. Но горе было тому студенту, который на экзамене по процессам или технологии начинал цитировать «Солнечный камень». Шеф, обладая здоровым чувством юмора, никогда не допускал примитивизма и ловкачества. И на пересдаче, обычно приходилось горе-специалисту подробно цитировать уже учебник по технологии... А знаменитый задачник по подземной разработке среди студентов и библиотекарей всех горных вузов СССР так и именовался просто «Задачник Сапицкого». И никаких кодов и шифров уже не требовалось. Небольшое учебное пособие «Угольные месторождения зарубежных стран», написанное еще в доинтернетовскую эпоху, было создано им при помощи его многочисленных зарубежных студентов и аспирантов, доставлявших необходимые сведения непосредственно из страны-«первоисточника».

К.Ф. Сапицкого знают и помнят его ученики в Афганистане и Вьетнаме, Сирии и Бенине, Польше, Корее, Чехии – короче целый интернационал. Тридцать пять лет назад он был инициатором договора о сотрудничестве с Политехникой Шленской в Польше. Этот договор действителен и сегодня, это рекордсмен-долгожитель не только по формальному содержанию, но и реальному наполнению. Уже после смерти Шефа пришел из Польши экземпляр совместной монографии, где на титульном листе стояло его имя.

Афоризмами, которые цитируются на лекции до сих пор, стали перлы Шефа «о словах рожденных в забое» – это горная терминология, а не то, что думают некоторые... Или распоряжение, отданное юным ассистентам: «Рабочий день у вас ненормированный, поэтому на работу можете не ходить, но когда вы мне понадобится, чтоб всегда были на кафедре...». Или его метод организации работы «предложил – сделай сам». Предлагателей всегда бывает почему-то гораздо больше исполнителей...

Никогда не было на кафедре склок и подсиживаний. Единственный случай с пришедшим со стороны аспирантом так и остался первым и последним случаем сутяжничества.

ва... Да и кто помнит теперь того аспиранта. На кафедре всегда существовало то, что сейчас принято называть командой. Команда единомышленников во главе с Шефом. Его идеей была подготовка специалистов-управленцев УГП. И это в середине семидесятых. Только через 25 лет их стали именовать менеджерами. И слова «инновации» тогда не знали, а он разрабатывал и внедрял передовые технологии. В попытках раскачать малоподвижную и не очень гибкую сумму горных технологий. Шеф занимался многим: от камерных систем до безлюдных технологий. И существовала на кафедре школа. Школа Сапицкого. Подтвержденная сотней авторских свидетельств и внедренная на шахтах технология безлюдной скреперо-струговой выемки угля из весьма тонких (до 0,5 м) угольных пластов. Грустно, но сейчас, когда десятки шахт обречены на закрытие, никто уже и не вспоминает о богатейших запасах угля, оставшихся в весьма тонких пластах. И замечательная идея о создании шахты-музея... нет средств. А жаль...

Время идет и нам, тем, кто пришел юными ассистентами на кафедру, которой заведовал молодой (всего-то 45), энергичный и полный творческих планов Шеф, сегодня уже под 60. И уже пришло поколение студентов-горняков, которые воспринимают фамилию К.Сапицкий просто как абстрактное имя автора учебников, а не как живого лектора и старшего товарища. Ему уже 80 и его уже с нами нет. Но человек жив, пока жива память о нем среди его друзей, коллег и учеников. А память эта живет долго, особенно, если эта память добрая и светлая.

Светлой памяти Вам, Константин Федорович...

Мы о Вас помним.

**А. Макеев**

## РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.016.3.112.3

**ПЕТРЕНКО Ю. А. (ДонНТУ)**

### **ВЛИЯНИЯ ВЫПУСКА ПОРОДЫ ПРИ РАСШИРЕНИИ ВЫРАБОТОК НА ИХ ПОСЛЕДУЮЩУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ**

Опыт поддержания выработок после их перекрепления показывает, что состояние участков выработок, на которых при перекреплении происходило обрушение пород значительно хуже, чем на участках, где его не было. С целью оценки влияния выпуска породы при перекреплении на последующую устойчивость выработки (увеличение размеров зоны неупругих деформаций после перекрепления) решалась следующая задача.

Выработка круглой формы (рис. 1) пройдена в массиве однородных изотропных пород с объемным весом  $\gamma$ . Распределение напряжений на границе невесомой полуплоскости принято равнокомпонентным.

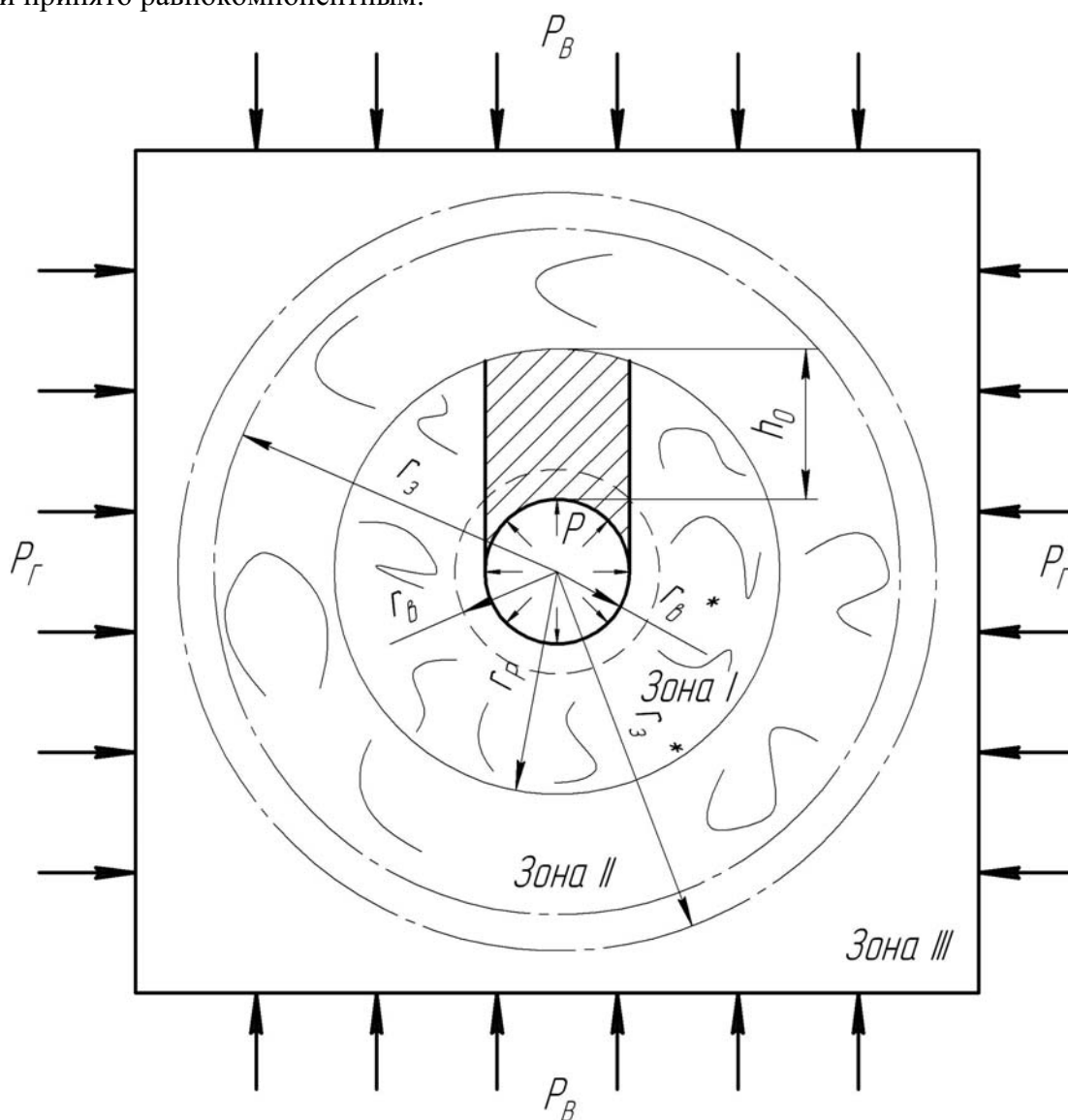


Рис. 4.1 Расчетная схема

Выработка закреплена крепью с реактивным сопротивлением  $P$ . Радиус выработки при проведении —  $r_b$ . К моменту начала работ по перекреплению вокруг выработки обра-

зовалась зона хрупкого разрушения с размером  $r_p$  и продолжает формироваться зона пластического течения. Ее размер к началу перекрепления составляет  $r_3$ . В результате деформирования пород в зонах хрупкого разрушения и пластического течения произошли смещения контура выработки и ее радиус к моменту перекрепления уменьшился до  $r_b^*$ . Производится перекрепление выработки с расширением до первоначального размера, сопровождающееся обрушением пород на высоту  $h_0$  (принято условие наибольшей высоты обрушения  $h_0 = r_p - r_b$ ). Образовавшаяся полость обрушения заполняется материалом с характеристиками  $\sigma_{сжс}^{М.3}$  и  $\lambda_{М.3}$ . Требуется определить конечный радиус зоны пластического течения —  $r_3^*$  (зоны неупругих деформаций), образующейся вокруг выработки после перекрепления).

При решении поставленной задачи были приняты следующие граничные условия:

$$\begin{aligned} \text{при } r = r_b & \quad \sigma_{r1} = P; \\ \text{при } r = r_p & \quad \sigma_{r1} = \sigma_{r2}; \\ \text{при } r = r_3^* & \quad \sigma_{r2} = \sigma_{r3}, \end{aligned}$$

где  $\sigma_{r1}$ ,  $\sigma_{r2}$ ,  $\sigma_{r3}$  — соответственно радиальные напряжения на контуре выработки, на границе между первой и второй зоной, и на границе между второй и третьей зоной.

Для определения конечного радиуса зоны неупругих деформаций  $r_3^*$  воспользуемся уравнением предельного равновесия пород вокруг выработки.

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0 \quad (1)$$

Тогда, приняв огибающую кругов Мора прямолинейной, уравнения предельного равновесия примут вид:

— на границе первой и второй зоны

$$\sigma_{\theta1} - (2\lambda + 1) \cdot \sigma_{r1} = \sigma_n^{ocm} \quad (2)$$

— на границе второй и третьей зоны

$$\sigma_{\theta2} - (2\lambda + 1) \cdot \sigma_{r2} \leq \sigma_o \quad (3)$$

- в третьей зоне, за пределами области предельного равновесия

$$\sigma_{\theta3} - (2\lambda + 1) \cdot \sigma_{r3} \leq \sigma_\infty \quad (4)$$

Запишем значения радиальных напряжений в пределах каждой из зон, с учетом характеристик закладочного материала.

$$\sigma_{r1} = \left( P + \frac{\sigma_{сжс}^{М.3}}{2\lambda_{М.3}} \right) \cdot (r)^{2\lambda_{М.3}} - \frac{\sigma_{сжс}^{М.3}}{2\lambda_{М.3}}, \quad (5)$$

$$\sigma_{r2} = \left[ \left( P + \frac{\sigma_{сжс}^{М.3}}{2\lambda_{М.3}} \right) \left( \frac{r_p}{r_6} \right)^{2\lambda_{М.3}} - \frac{\sigma_{сжс}^{М.3}}{2\lambda_{М.3}} + \frac{\sigma_n^{ocm}}{2\lambda} \right] \cdot \left( \frac{r_6}{r_p} \right)^{2\lambda} \cdot r^{2\lambda} - \frac{\sigma_n^{ocm}}{2\lambda}, \quad (6)$$

$$\sigma_{r3} = \gamma H - \frac{2\lambda\gamma H + \sigma_\infty}{2(1+\lambda)} \cdot \frac{r_3^2}{r^2} \quad (7)$$

Решая совместно уравнения (5), (6) и (7) с учетом граничных условий, окончательно получим

$$r_3^* = r_p \cdot \left\{ \left( \gamma H - \frac{2\lambda\gamma H + \sigma_\infty}{2(1+\lambda)} + \frac{\sigma_n^{ocm}}{2\lambda} \right) \cdot \left[ \left( P + \frac{\sigma_{сжс}^{М.3}}{2\lambda_{М.3}} \right) \cdot \left( \frac{r_p}{r_6} \right)^{2\lambda_{М.3}} - \frac{\sigma_{сжс}^{М.3}}{2\lambda_{М.3}} + \frac{\sigma_n^{ocm}}{2\lambda} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2\lambda}} \quad (8)$$

Конечный радиус зоны неупругих деформаций вокруг выработки, которая не перекрепляется определяется по формуле:

$$r_3 = r_0 \cdot \left[ \left( \gamma H - \frac{2\lambda\gamma H + \sigma_\infty}{2(1+\lambda)} + \frac{\sigma_n^{ocm}}{2\lambda} \right) \cdot \left( \frac{2\lambda}{2\lambda \cdot P + \sigma_n^{ocm}} \right) \right]^{\frac{1}{2\lambda}} \quad (9)$$

Для оценки степени влияния вывалообразования при ремонте выработок на их последующую устойчивость принят коэффициент  $k_1$ , который показывает во сколько раз увеличивается размер зоны неупругих деформаций после ремонта, сопровождаемого вывалообразованием по сравнению с конечным размером зоны неупругих деформаций вокруг выработки без ее ремонта:

$$k_1 = \frac{R_3^*}{R_3} \quad (10)$$

Для ведения расчетов по формулам (8) и (9), (10) необходимо знать значения величин  $\sigma_{сж}^{М.З}$  и  $\lambda_{М.З}$ .

Характеристика материала забутовки  $\sigma_{сж}^{М.З}$  и  $\lambda_{М.З}$  определялась путем построения паспорта прочности по данным, приведенным в работе [1].

Формула (8) получена из условия наличия контакта между забутовкой и породным контуром в месте вывала после ремонта.

Если же такого контакта нет (то есть при  $r = r_p$ ,  $\sigma_r = 0$ ), формула (8) для определения конечного размера зоны неупругих деформаций после ремонта запишется в виде:

$$R_3^* = (r_p) \left[ \frac{2\lambda}{\sigma_n^{ocm}} \left( \gamma H - \frac{2\lambda\gamma H + \sigma_\infty}{2(1+\lambda)} + \frac{\sigma_\infty}{2\lambda} \right) \right]^{\frac{1}{2\lambda}} \quad (11)$$

Значения коэффициента увеличения размеров зоны неупругих деформаций при ремонте выработки  $k_1$  для различных горно-геологических и горно-технических условий представлены на рис. 2.

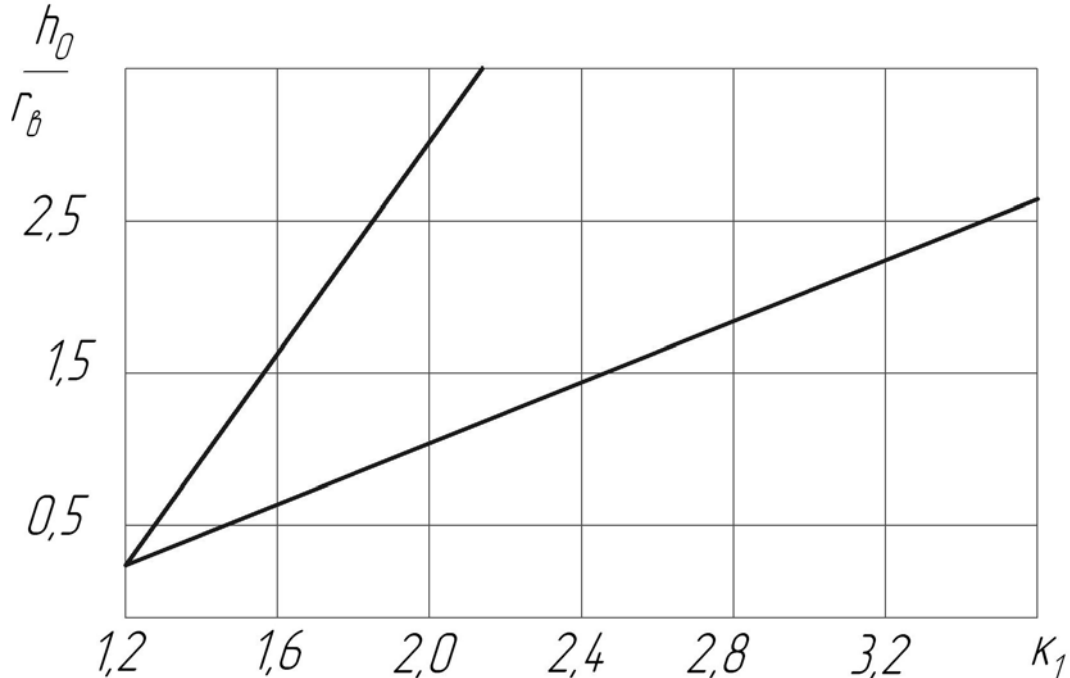


Рис. 2 Графики зависимости коэффициента увеличения размеров зоны неупругих деформаций от размеров вывала:

1 – в качестве забутовки используются деревянные костры;

2 – нет контакта между забутовкой и породным контуром, образовавшимся после вывала

Проведенные исследования подтвердили результаты шахтных экспериментов и показали, что обрушение породы, происходящее при перекреплении существенно влияет на последующую устойчивость выработки. Поэтому особое значение приобретает техноло-

гия перекрепления выработки, которая должна предупредить переборы породы и ее излишний выпуск при расширении. Если же обрушение произошло, необходимо заполнить образовавшиеся пустоты [2, 3]. Одним из новых, перспективных направлений совершенствования технологии расширения выработок при ремонте, исключая возможность обрушения, является создание предварительного распора, обеспечивающего самоподдержание пород на новом проектном контуре выработки до установки «новой» крепи.

#### **Библиографический список**

1. Справочник по креплению горных выработок. Гелескул М. Н., Хорин В. Н., Киселев Е. С., Бушуев Н. П. – М.: Недра, 1976, 58 с.
2. Руководство по ремонту подготовительных выработок. МУП УССР, ДонУГИ, Донецк, 1981. – 19 с.
3. Заславский Ю. З., Дружко Е. Б., Качан И. В. Инъекционное упрочнение горных пород. – М.: Недра, 1984. – 176 с.

© Петренко Ю. А., 2007

УДК 622.28.83:622.273

#### **КОЛЬЧИК Е.И. (ИФГП НАН Украины) ИЗМЕНЕНИЕ ПРОТЯЖЕННОСТИ ЗОНЫ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ**

*Приведены результаты шахтных исследований за изменением протяженности опорного давления и за скоростью смещений горных пород в выемочных выработках.*

При подземной разработке угольных пластов одной из главных проблем является охрана и поддержание выемочных выработок на долю которых на пологом и наклонном падении приходится от 42 до 53 % от общей протяженности горных выработок [1]. При этом средняя трудоемкость поддержания горных выработок по Донбассу на 1000 т добываемого угля превышает 70 чел.-смен [2].

Выемочные выработки за время поддержания могут находиться в массиве, в зоне влияния очистных работ (зона временного опорного давления и зона интенсивного смещения пород) и в зоне установившегося горного давления.

В зонах опорного давления и интенсивного смещения пород позади лавы затраты на поддержание выемочных выработок наибольшие по сравнению со случаями поддержания выработок в других зонах.

С увеличением напряжений происходит увеличение величины смещений горных пород в выработках. Зона опорного давления является областью концентрации напряжений, где максимальные напряжения могут превышать геостатические в 2 – 6 раз [3, 4]. На участках с такой концентрацией напряжений происходят большие смещения пород, что приводит к снижению устойчивости выработок. Для своевременного обеспечения сохранности горных выработок необходимо заранее знать параметры зоны опорного давления и величину напряжений в этой зоне. Поэтому вопрос определения параметров зоны опорного давления является важным и актуальным. Важность данного вопроса еще более усиливается при интенсивной отработке угольных пластов, где в кровле залегают мощные породные слои.

Для условий отработки пологих и наклонных угольных пластов при скоростях продвижения лав до 100 м/мес выполнено большое количество исследований. Установлены зависимости формирования зоны опорного давления и перераспределения напряжений в гор-



ном массиве от влияющих факторов [5, 6]. Разработаны рекомендации поддержания выработок в зонах временного опорного давления [6].

Однако для условий отработки угольных пластов со скоростью подвигания очистных забоев 150 – 250 м/мес исследований было выполнено очень мало.

С целью установления влияния интенсивной отработки угольных пластов на формирование зоны опорного давления и конвергенцию пород в этой зоне при наличии в кровле пласта мощного песчаника были выполнены шахтные наблюдения. Исследования проводились в 12 выемочных выработках шахты «Красноармейская-Западная № 1». Глубина работ изменялась от 500 до 730 м, а мощность пласта – от 1,2 до 1,97 м. Непосредственно над пластом залегал песчаный сланец мощностью 0,5 – 1,7 м выше которого залегал песчаник мощностью 11,6 – 28,0 м и пределом прочности на одноосное сжатие 90 – 101 МПа.

В непосредственной почве пласта залегал песчаный сланец мощностью 1,5 – 2,9 м. Выемочные выработки имели поперечное сечение 15,25 – 15,5 м<sup>2</sup> и проходились с помощью комбайнов с подрывкой пород почвы и кровли.

Все выработки в поперечном сечении имели арочную форму и крепились металлической податливой крепью с шагом установки 0,63 м или металлической податливой крепью в сочетании с анкерными системами с шагом установки 0,8 – 0,95 м. Анкера длиной 2,2 – 2,4 м устанавливались между рамами основной крепи (по 5 – 7 шт) и под верхняк рамной крепи (по 2 – 3 двойных анкера).

Выемочные поля обрабатывались с применением столбовых и комбинированных систем разработки. При столбовых системах разработки производилось погашение выемочных штреков или ходков вслед за лавой, а вентиляционная выработка смежного выемочного поля проходила вприсечку к выработанному пространству. При комбинированной системе разработки осуществлялось поддержание откаточного штрека позади лавы для выдачи исходящей струи и повторного использования в качестве воздухоподающего. Со стороны выработанного пространства эти штреки охранялись литой полосой шириной 1,2 – 1,6 м [7]. Прочность материала литой полосы на одноосное сжатие составлял 50 – 60 МПа.

В результате выполненных исследований установлено, что для условий шахты «Красноармейская-Западная № 1» протяженность зоны временного опорного давления для глубины  $H = 524 – 714$  м и мощности, залегающего в кровле пласта песчаника равной 20 м, определяется по формуле [8]

$$L_{on} = (1,4 + 0,2 \cdot V_l) \cdot H^{0,57}, \text{ м}, \quad (1)$$

где  $H$  – глубина ведения очистных работ, м;

$V_l$  – скорость подвигания лавы, м/сут.

Однако на протяженность зоны опорного давления, кроме скорости подвигания лавы и глубины работ, оказывают влияние: мощность пород основной кровли и их предел прочности на одноосное сжатие, мощность разрабатываемого пласта и предел прочности угля на одноосное сжатие, продолжительность устойчивого состояния подработанного горного массива.

С учетом перечисленных факторов протяженность зоны опорного давления в выработке, поддерживаемой в массиве, может быть определена по формуле

$$L_{on} = 0,012 \cdot H \cdot \sigma \cdot M \cdot V_l \cdot k_{ycm} \cdot (m \cdot \sigma_y)^{-1} + 58, \text{ м}, \quad (2)$$

где  $\sigma$  – предел прочности на одноосное сжатие пород наиболее мощного слоя основной кровли, МПа;

$M$  – толщина наиболее мощного породного слоя в породах основной кровли, м;

$k_{уст}$  – коэффициент, учитывающий продолжительность устойчивого состояния подрабатанного горного массива, сут/м. Он определяется из выражения  $k_{уст} = \frac{t}{h_{св}}$ ;

$t$  – продолжительность развития свода сдвижения горного массива по направлению движения лавы после ее отхода от разрезной печи на расстояние более  $1,5l_l$ , сут;

$h_{св}$  – высота свода сдвижения горного массива, м. При раскрытии свода его высота принимается равной  $h_{св} = H$ ;

$m$  – мощность разрабатываемого пласта, м;

$\sigma_y$  – предел прочности угля на одноосное сжатие, МПа.

В выработках, примыкающих к выработанному пространству, протяженность зоны временного опорного давления равна

$$L_{он} = 0,0086 \cdot H \cdot \sigma \cdot M \cdot V_l \cdot k_{уст} \cdot (m \cdot \sigma_y)^{-1} + 42, \text{ м}, \quad (3)$$

Из данных зависимостей видно, что протяженность зоны временного опорного давления кроме комплекса горно-геологических факторов существенно зависит от скорости подвигания очистного забоя.

Впереди зоны временного опорного давления наблюдается область с напряжениями меньшими напряжений нетронутого массива  $\sigma < \gamma H$  (где  $\gamma$  – объемная плотность пород). В этой области происходит даже незначительное увеличение высоты выемочных выработок [9]. При этом смещения боков выработок в зоне разгрузки прекращаются.

Исследования показали, что протяженность зоны разгрузки впереди зоны опорного давления зависит от протяженности зоны опорного давления и описывается уравнением

$$L_{раз} = L_{он} - a, \text{ м}, \quad (4)$$

где  $L_{раз}$  – протяженность разгруженной зоны впереди зоны временного опорного давления, м.

$a$  – коэффициент равный 30 и 20, соответственно, для выработок, поддерживаемых в массиве и для присечных выработок.

Большинство шахтопластов Красноармейского и Донецко-Макеевского угленосных районов Донбасса подвержены мелкоамплитудной дизъюнктивной нарушенности. Максимальных значений протяженность разгруженной зоны и зоны опорного давления достигают при расстоянии между нарушениями не менее 500 м.

Геологические нарушения делят мощные породные слои на не связанные между собой блоки. Поэтому при ведении очистных работ на участках с нарушенными породами зависаний протяженных консолей не будет. В связи с этим и концентрация напряжений в зоне опорного давления и ее протяженность будут меньшими, чем при отработке пласта на участках, где нарушения отсутствуют.

Выполненные исследования показали, что протяженность зоны временного опорного давления на участках с мелкоамплитудной тектонической нарушенностью существенно зависит от расстояния между нарушениями и скорости подвигания лавы. Данная зависимость описывается уравнением

$$L_{он}^H = L_{он} - (8,7 - 0,0174 \cdot L_H) \cdot (V_l + 1), \text{ м} \quad (5)$$

где  $L_{он}^H$  – протяженность зоны опорного давления на участках с мелкоамплитудной дизъюнктивной нарушенностью, м;

$L_{on}$  – протяженность зоны опорного давления на участке, где расстояние между нарушениями превышает 500 м, м. Определяется по формулам (2) и (3);

$L_n$  – расстояние между геологическими нарушениями, м.

Из изложенного следует, что наличие мелкоамплитудной дизъюнктивной нарушенности в пределах выемочного поля приводит к уменьшению протяженности зоны временного опорного давления, а в пределах зоны временного опорного давления происходит увеличение скорости конвергенции пород.

На основании выполненных исследований установлено, что на участках, где отсутствуют геологические нарушения, на расстоянии 20 – 25 м от лавы суммарная скорость смещений пород кровли и почвы в выработке, поддерживаемой в массиве, увеличивается с 1,2 до 8,8 см/сут (т.е. в 7,3 раза) при увеличении скорости подвигания лавы с 1,07 до 8,1 м/сут (рис.1, а). В присечной выработке скорость смещений пород кровли и почвы увеличивается в 5,64 раза [8].

Наличие мелкоамплитудных дизъюнктивных нарушений в пределах выемочных полей приводит к снижению скорости смещений пород. Так, при расстоянии между нарушениями  $L_n = 350$  м скорость смещения пород кровли с почвой с изменением скорости подвигания лавы с 2,5 до 7,1 м/сут возросла всего с 1,7 до 5,2 см/сут и с 1,3 до 3,9 см/сут соответственно для поддерживаемых в массиве и присечных выработках (см. рис. 1, б).

В пределах зоны опорного давления скорость смещения боков выработки зависит от скорости подвигания очистного забоя. Так, на расстоянии 20 – 25 м от лавы [8] скорость смещения боков выработки изменяется с 1,05 до 5,3 см/сут и с 0,7 до 3,9 см/сут (т.е. в 5,05 и 5,6 раза) при скорости подвигания очистного забоя 1,07 – 8,1 м/сут, соответственно в поддерживаемой в массиве и в присечной выработках (см. рис. 1, а).

При расстоянии между нарушениями  $L_n = 120$  м скорость смещения пород кровли с почвой не превышает 3 см/сут. (рис. 1, б). Так, в выработке, поддерживаемой в массиве (на расстоянии 20 – 25 м от лавы), скорость смещений пород кровли с почвой возросла с 0,8 до 2,8 см/сут (в 3,5 раза) при изменении скорости подвигания очистного забоя в 2,5 раза (с 2,8 до 7,2 м/сут.).

В присечных выработках при тех же скоростях подвигания лавы скорость смещения кровли с почвой изменяется с 0,5 до 1,8 см/сут., т.е. всего в 3,6 раза.

На расстоянии более 200 м от зоны опорного давления скорость смещения боков выработки постоянна и не значительная. Она, как правило, не превышает 0,18 и 0,15 см/сут для поддерживаемых в массиве и в присечных выработках соответственно.

В пределах зоны опорного давления скорость смещения боков выработки с приближением к очистному забою увеличивается. Причем существенное влияние на скорость смещения боков выработки оказывает скорость подвигания очистного забоя. Так с увеличением скорости подвигания очистного забоя с 1 до 8 м/сут происходит возрастание максимальных скоростей смещения пород с 2,3 до 18,4 см/сут, т.е. в 8 раз.

Зависимость изменения скорости смещений боков выемочных выработок в пределах зоны опорного давления [8] при отсутствии геологических нарушений в выемочном поле описывается уравнениями:

- выемочная выработка поддерживается в массиве

$$V_{\bar{6}} = 9,2 \cdot V_n \cdot L^{-0,86}, \text{ см/сут,} \quad (6)$$

- выемочная выработка проведена вприсечку к выработанному пространству

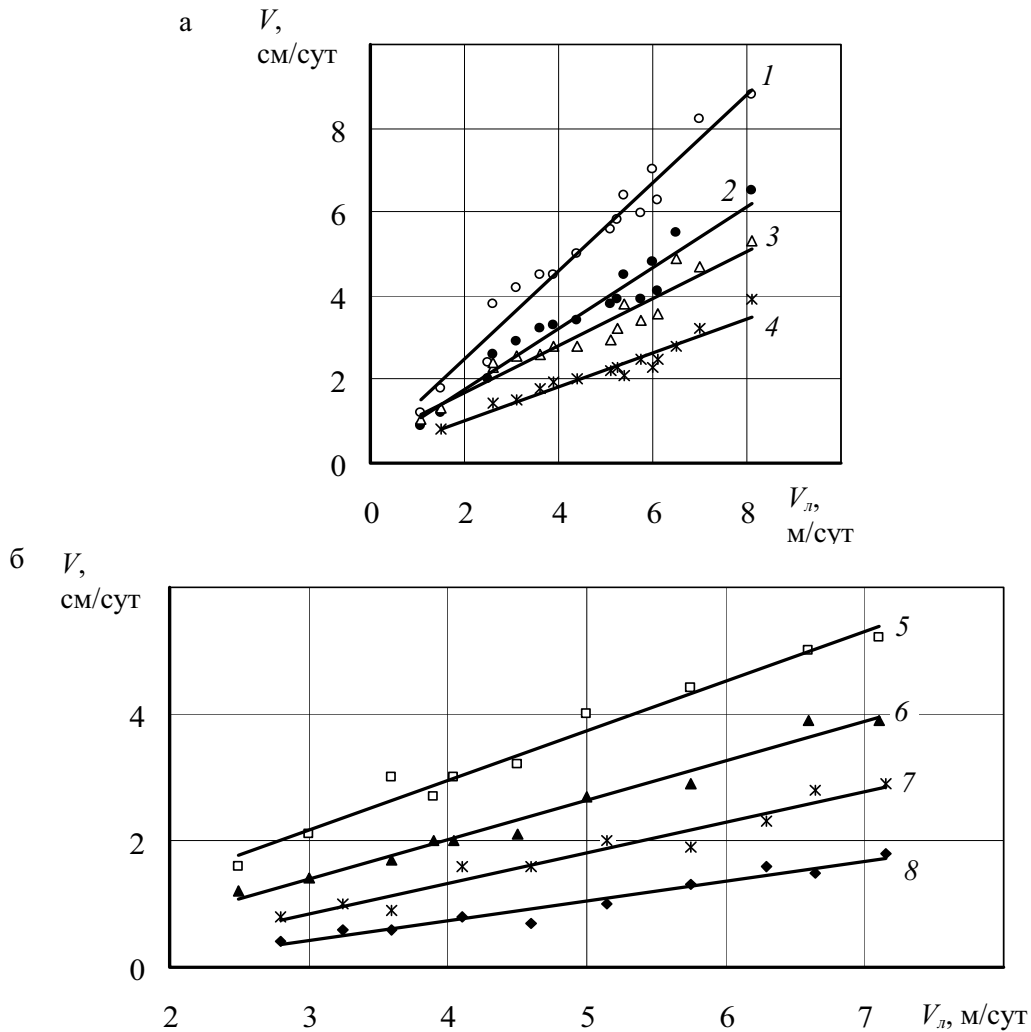
$$V_{\bar{6}} = 6,6 \cdot V_n \cdot L^{-0,86}, \text{ см/сут,} \quad (7)$$

где  $V_{\bar{6}}$  – скорость смещения боков выработки в пределах зоны опорного давления, см/сут;

$V_n$  – скорость подвигания очистного забоя, м/сут.;

$L$  – расстояние до лавы в пределах зоны опорного давления ( $L = 5 \dots L_{on}$ ), м;

$L_{on}$  – протяженность зоны временного опорного давления,



**Рис. 1.** Изменение скорости смещений пород в выемочных выработках от скорости подвигания лавы:

а – при отсутствии нарушений; б – при наличии в выемочном поле мелкоамплитудных дизъюнктивных нарушений; 1; 3; 5; 7– выработка в массиве; 2; 4; 6; 8– присечная выработка; 1; 2; 5; 6; 7; 8– изменение скорости смещений пород кровли и почвы; 3; 4 – изменение скорости смещений боков выработки; 5; 6 – при расстоянии между нарушениями 350 м; 7; 8 – при расстоянии между нарушениями 120 м.

Как видно из данных зависимостей скорость смещения боков выработки прямо пропорционально возрастает с увеличением скорости подвигания лавы и уменьшается с увеличением расстояния до нее.

Из изложенного можно сделать вывод, что протяженность зоны временного опорного давления зависит от скорости подвигания очистного забоя и комплекса горно-геологических факторов. Существенное влияние на протяженность зоны опорного давления оказывает расстояние между мелкоамплитудными дизъюнктивными нарушениями. При расстоянии между нарушениями менее 500 м наблюдается уменьшение протяженности зоны опорного давления. Установлены закономерности влияния горно-геологических факторов и скорости подвигания лавы на протяженность зоны опорного давления и скорость смещений пород боков выработки.

В пределах зоны временного опорного давления скорость смещений пород зависит от скорости подвигания лавы и расстояния до очистного забоя.

Впереди зоны временного опорного давления наблюдается разгруженная зона, параметры которой находятся в зависимости от протяженности зоны временного опорного давления.

Использование данных зависимостей позволит прогнозировать параметры зоны влияния очистных работ впереди очистного забоя и величину смещений боков выработок в зоне опорного давления.

#### Библиографический список

1. Нормативы удельной протяженности поддерживаемых горных выработок. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1984. – 24 с.
2. **Касьян М.М.** Геомеханічні основи управління зоною зруйнованих порід навколо виробок для забезпечення їх стійкості на великих глибинах. – Автореф. дис....докт. техн. наук: 05.15.02 / ДонНТУ. – Донецьк: 2002. – 35 с.
3. **Якоби О.** Практика управления горным давлением. – Недра. – М.: 1987. – 556 с.
4. **Зборщик М.П., Братишко А.С., Прокофьев В.П.** Выбор способов охраны и места расположения подготовительных выработок. – Техника. – К.: 1970. – 227 с.
5. **Зборщик М.П., Костоманов А.И.** Определение опорного давления в толще пород при разработке свиты пологих пластов // Разраб. Месторождений полезн. ископаемых: Респ. межвед. науч. техн. сб. – 1968. – Вып. 15. – С. 9 – 17.
6. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. – ВНИМИ. – Л.: 1986. – 222 с.
7. Временный технологический регламент по охране подготовительных выработок угольных шахт литыми полосами из твердеющих материалов. – РИА «Днепр – VAL». – Днепропетровск: 2004. – 33 с.
8. **Кольчик Е.И.** Влияние скорости подвигания лавы на конвергенцию пород в штреке // Геотехнологии и управление производством XXI века. – Том 1. – ДонНТУ. – Донецк: 2006. – С. 11 – 15.
9. **Кольчик Е.И., Болбат В.А., Демченко А.И., Кольчик И.Е.** Влияние мощных породных слоев кровли на конвергенцию пород в выемочных выработках // Геотехническая механика. – Вып. 56. – ИГТМ. – Днепропетровск: 2005. – С. 92 – 96.

© Кольчик Е.И. 2007

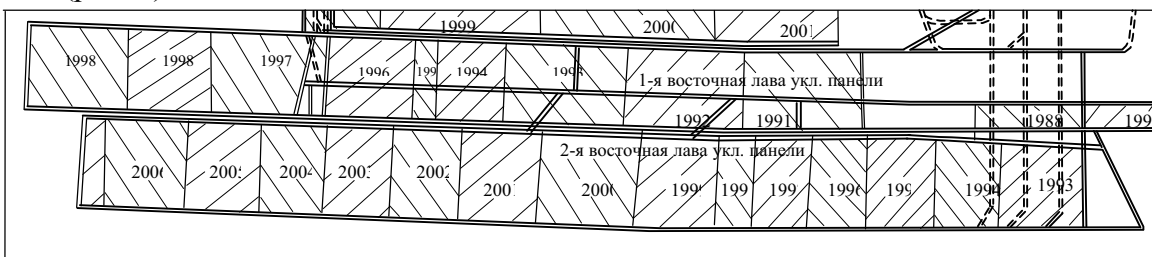
**СОЛОВЬЕВ Г.И., (ДОННТУ); КОВАЛЬ А.Р., ЛИТОВЧЕНКО С.Г.,  
(ШАХТА ИМ. А.А.СКОЧИНСКОГО)  
О СОХРАНЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ КОНВЕЙЕРНОГО ШТРЕКА ПРОДОЛЬНО-  
БАЛОЧНОЙ КРЕПЬЮ УСИЛЕНИЯ НА ШАХТЕ ИМ. А.А.СКОЧИНСКОГО**

Обеспечение устойчивости выемочных выработок глубоких шахт в зоне влияния очистных работ продолжает оставаться одной из основных задач подземной угледобычи. Применяемые в настоящее время средства крепления подготовительных выработок глубоких шахт (а это в основном арочные податливые крепи из СВП-27 и 33) и способы охраны (бутоклети, органичные ряды и бутовые полосы из рядовой породы, выкладываемые вручную или в лучшем случае скреперными лебедками) не обеспечивают сохранения проектного сечения выработок как на сопряжении с лавой, так и в зоне влияния выработанного пространства [1-4]. При этом из-за несоответствия параметров применяемых средств крепления и способов поддержания особенностям проявлений горного давления в зоне активного влияния очистного забоя, вертикальные и боковые смещения породного контура в несколько раз превышают технологическую податливость применяемой крепи. Все это, в конечном итоге, приводит к необходимости выполнения больших объемов ремонтных работ, выполняемых в основном вручную.

Сотрудниками кафедры разработки месторождений полезных ископаемых Донецкого национального технического университета предложен и апробирован на ряде глубоких шахт г. Донецка новый способ обеспечения устойчивости выемочных выработок, позволяющий перераспределить повышенную нагрузку между перегруженными и недогруженными комплектами крепи по длине выработки за счет их продольно-жесткой консолидации продольно-балочной крепью усиления [5-8].

Для уточнения параметров продольно-балочной усиливающей крепи в 2005-2006г.г. в условиях шахты им. А.А.Скочинского производственного объединения «Донецкуголь» была проведена опытно-промышленная проверка ее эффективности.

2-я восточная лава уклонного поля центральной панели шахты им. А.А. Скочинского обрабатывала особо выбросоопасный пласта  $h_6^1$  «Смоляниновский» мощностью 1,30-1,85 м и углом падения 12-15° по сплошной системе разработки на глубине 1298 м в сложных горно-геологических условиях. Длина выемочного столба - 1790 м. Длина лавы – 164 м (рис. 1).



**Рис. 1.** Выкопировка из плана горных работ пласта  $h_6^1$  «Смоляниновский»

В непосредственной кровле пласта располагался неустойчивый, сухой и трещиноватый глинистый сланец мощностью 5,0-6,7 м и прочностью 30-40 МПа. Его залегание осложнялось наличием ложной кровли, представленной прослоем глинистого и углисто-глинистого сланца мощностью от 0,30 до 1,30 м, с обильными включениями линзовидных углистых прослоек мощностью до 2-3 см. Основная кровля пласта была представлена среднеобрушаемым песчаным сланцем мощностью до 21,0 м, прочностью 40-60 МПа, который в средней части содержал маломощные до 0,6-1,2 м прослои более крепкого песчаника (прочностью 60-70 МПа).

В непосредственной почве залегал среднеустойчивый песчаный сланец мощностью 1,6-2,2 м, прочностью 40-60 МПа, относящийся к классу пучащих. В верхней части слоя располагался "кучерявчик" мощностью 0,4-0,6 м с несколько меньшей прочностью (30-50 МПа), чем основной слой. Основная почва была представлена выбросоопасным песчаником мощностью 39-48 м, прочностью 70-90 МПа, преимущественно сухим, слабоботрециноватым, устойчивым.

Подготовительные выработки с сечением в свету 13,8 м<sup>2</sup> были закреплены арочной податливой крепью из спецпрофиля СВП-27 с шагом установки крепи – 0,5 м. Кровля выработок была затянута железобетонной затяжкой, бока - металлической сеткой-затяжкой всплошную.

Вентиляционный штрек охранялся угольными целиками размером 4,0х2,0м, при расстоянии между целиками 2,0 м, а также деревянными кострами 2,0х2,0 м (расстояние между кострами по простиранию 1,0м) и одним рядом органки, пробиваемой по линии обрушения пород.

Охрана конвейерного штрека осуществлялась:

- двумя рядами органной крепи плотностью 5 стоек на 1 м, устанавливаемой по линии обрушения пород;
- одним рядом бутокостров размером 2х2 м, с шагом установки 2,7 м.
- бутокостры закладываются породой, извлекаемой из выработанного пространства с помощью крючьев-граблей через "окно-лаз";
- чураковой стенкой шириной 1м, выкладываемой на бровке штрека;
- установкой усиливающей крепи из деревянных стоек диаметром 0,20 м и металлических составных стоек из СВП-27 под верхняк каждой рамы арочной крепи от забоя опережения до забоя перекрепления за лавой.

Конвейерный штрек проводился с опережением очистного на 40 м.

Длина верхней ниши - 4,0 м, нижней - 5,0 м, глубина ниш - 1,2-3,6 м.

Для крепления ниш применялись гидравлические стойки СУГ-30. Над приводами конвейера заводились попарно 4 балки из спецпрофиля СВП-27 длиной 4,7м с установкой гидростоек под пересечения балок с верхняками.

Шаг обрушения пород непосредственной и основной кровель составлял соответственно 1,5-3,5м и 21-23м.

Для обеспечения устойчивости арочной крепи конвейерного штрека в зоне влияния 2-й восточной лавы пласта  $h_6^1$  УП ЦП была установлена продольно-балочная крепь усиления из СВП-27. Крепь усиления подвешивалась хомутами к верхняку каждой рамы крепи в проходческом забое конвейерного штрека со смещением от центральной оси арки на 1 м в сторону лавы (рис. 2, 3). Отрезки балки длиной по 4,7 м соединялись между собой внахлест на 0,7 м двумя хомутами.

Для обеспечения эффективной работы продольно-балочной крепи при воздействии косонаправленных изгибающих нагрузок и снижения уровня пластических деформаций в профиль балки разворачивался днищем желоба в сторону верхняка крепи. Одностороннее расположение продольной балки по периметру крепи обусловлено значительными смещениями пород кровли на сопряжении выработки с лавой и особенно в зоне влияния выработанного пространства до момента посадки основной кровли (рис. 3).

Замеры смещений боковых пород осуществлялись по контурным реперам, установленным в кровле-почве и в боках конвейерного штрека (рис. 3). Замеры с точностью 0,1 мм выполнялись маркшейдерской рулеткой конструкции ВНИМИ. Частота замеров в опережении конвейерного штрека, на сопряжении выработки с лавой и на участке 60 м за очистным забоем 2-3 раза в неделю. На расстоянии более 60 м за лавой – 1 раз в неделю.



Рис. 2. Одинарная продольно-балочная крепь усиления в опережающей части конвейерного штрека 2-й восточной лавы пласта  $h_6^1$  уклонного поля центральной панели

Характерной особенностью механизма деформирования боковых пород на контуре конвейерного штрека 2-й восточной лавы пласта  $h_6^1$  без применения продольно-балочной крепи усиления является асимметричное смещение кровли и почвы с преобладающим выдавливанием пород со стороны лавы, что становится наиболее заметным на расстоянии 65-70 м от лавы. При этом наблюдается повсеместное выполаживание верхняков крепи с разрывом замков со стороны лавы. Со стороны угольного массива нахлест верхняков и ножек крепи увеличивается в 3-4 раза.

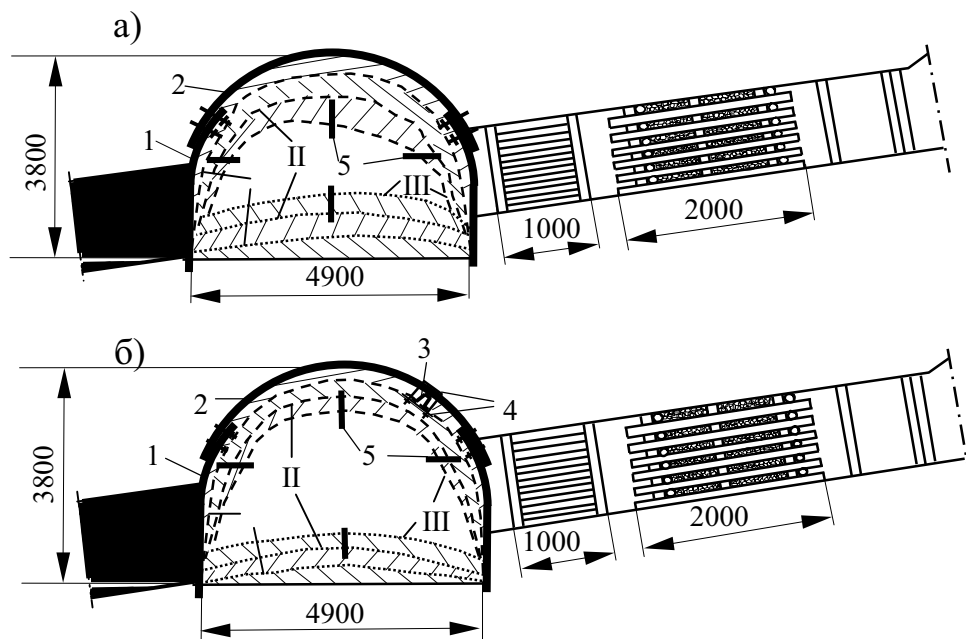


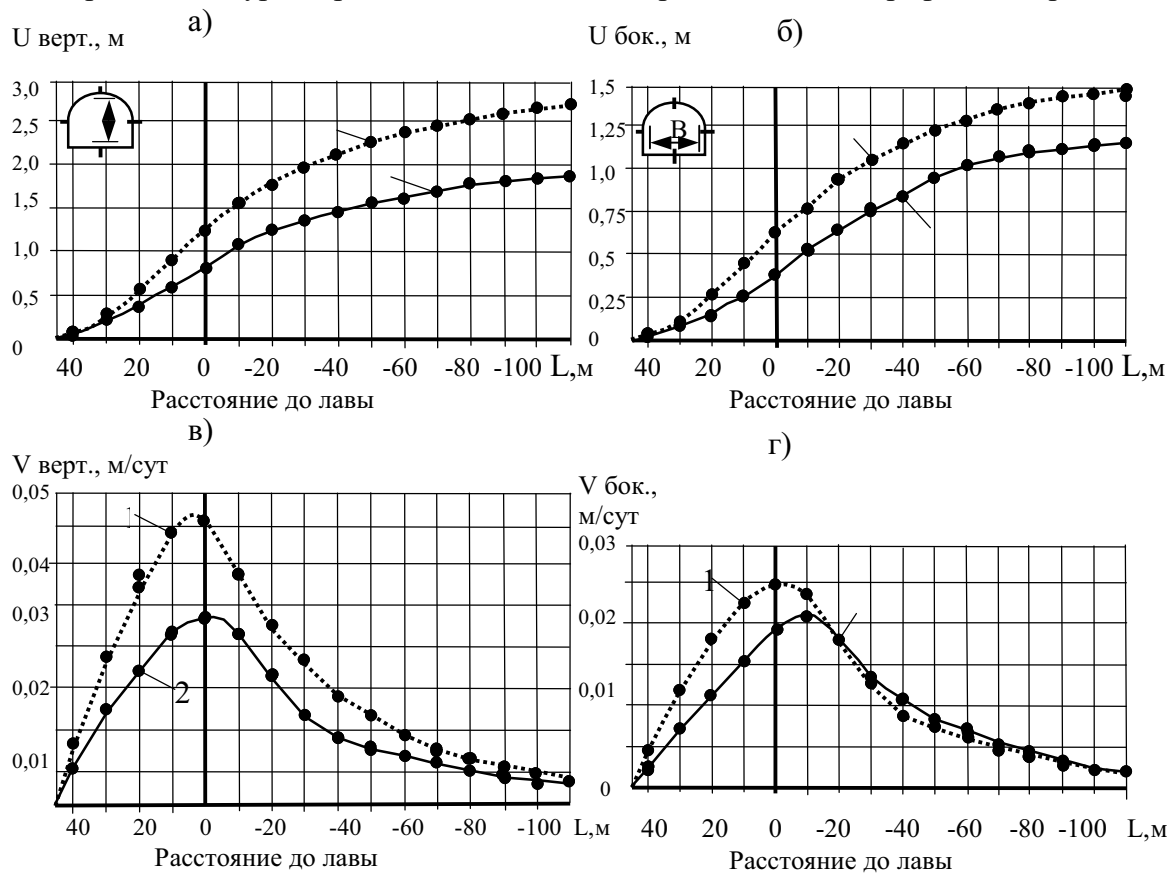
Рис. 3. Характер смещений контура конвейерного штрека 2-й восточной лавы пласта  $h_6^1$  без крепи усиления (а) и при однобалочной крепи усиления (б): I – на сопряжении с лавой, II и III – соответственно на расстоянии 60 и 120 м за очистным забоем (1 – ножка арочной крепи; 2 – верхняк крепи; 3 – продольная балка из СВП-27; 4 – элементы крепления балки к верхняку крепи; 5 – контурные реперы)

Из представленных на рис. 3 трех совмещенных видов контура выработки (I - на сопряжении с очистным забоем, II и III соответственно на расстоянии 60 и 120 м за лавой)



видно, что применение жесткой продольной балки из СВП-27 позволяет снизить смещения породного контура за счет консолидации разрозненных комплектов арочной крепи.

Применение жесткой продольной связи комплектов крепи изменяет характер ее взаимодействия с породами зоны неупругих деформаций вокруг выработки, которая идентифицируется как дискретная распорная среда. Физическая модель этого взаимодействия заключается в перераспределении поддерживающего ресурса недогруженных комплектов крепи за счет съема жесткой балкой повышенных нагрузок с перегруженных комплектов и равномерной передачи их на недогруженные комплекты крепи. При этом не реализованная потенциальная энергия несостоявшихся или компенсированных жесткой балкой смещений перегруженных комплектов крепи расходуется на горизонтальные смещения в кровле выработки, уплотнение породных отдельностей и образование из них над выработкой грузонесущего свода [6]. Уплотнение породных отдельностей в грузонесущем своде замедляет процесс расслоения кровли и снижает величину смещений и скорости смещений пород на контуре выработки, что видно из представленных графиков на рис. 4.



**Рис. 4** График зависимости вертикальных (а) и горизонтальных (б) смещений и соответственно скоростей смещений (в) и (г) породного контура конвейерного штрека 2-й восточной лавы пласта  $h_6^1$  УП ЦП: 1 – на контрольном участке без продольно-балочной крепи усиления; 2 – на экспериментальном участке при использовании одной балки из СВП-27 и опережении лавы забоем конвейерного штрека на 45 м

Из представленных на рис. 4 графиков видно, что однобалочная продольная связь комплектов арочной крепи по длине выемочной выработки позволяет в зоне влияния очистных работ снизить величину вертикальных и горизонтальных смещений породного контура соответственно в 1,4-1,9 и 1,3-1,7 раза, а скорость вертикальных и горизонтальных смещений – соответственно в 1,7 и 1,3 раза. Следует также отметить, что применение продольно-балочной усиливающей крепи, как это было уже ранее установлено при опытно-промышленной проверке аналогичной крепи на шахтах «Южнодонбасская №3» и им. М.И.Калинина [5,7,8], позволяет сдвинуть месторасположения максимальных зна-

чений вертикальных и горизонтальных скоростей смещений соответственно на 4 и 9 м. Это свидетельствует о создании в кровле над выработкой грузонесущего свода из породных отдельностей, который, выполняя функции волнореза, создает предпосылки для обтекания крепи потоками потенциальной энергии подработанного горного массива при его проседании в окрестности выемочной выработки.

Для повышения эффективности продольной консолидации комплектов арочной крепи наиболее приемлемым вариантом является применение двухбалочной крепи усиления вместо однобалочной крепи. Как показала опытно-промышленная проверка [8], две продольные балки при минимуме дополнительных материальных и технологических затрат обеспечивают увеличение поперечного размера грузонесущего свода над выработкой и существенно (в 2,5 – 3 раза) снижают смещения боковых пород на контуре подготовительной выработки в зоне влияния очистных работ.

### Библиографический список

1. **Усаченко Б.М.** Свойства пород и устойчивость горных выработок. К.: Наукова думка, 1979. – 136 с.
2. **Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Нуждихин А.Г.** Крепление капитальных и подготовительных горных выработок. Справочник. – М.: Недра, 1989. – 571с.
3. **Черняк И.Л., Ярунин С.А.** Управление состоянием массива горных пород. М.: Недра, 1995. – 395 с.
4. **Литвинский Г.Г., Гайко Г.И., Кулдыркаев Н.И.** Стальные рамные крепи горных выработок. К.: Техніка, 1999. – 216 с.
5. **Бондаренко Ю.В., Соловьев Г.И., Захаров В.С.** Изменения деформаций контура кровли выемочной выработки при использовании каркасной крепи усиления // Известия Донецкого горного института. 1999. №1. С.66-70.
6. **Соловьев Г.И.** Особенности физической модели самоорганизации боковых пород на контуре выемочной выработки при продольно-жестком усилении арочной крепи // Науковий вісник НГУ, Дніпропетровськ. 2006, №1. С.11-18.
7. **Соловьев Г.И.** О новой концепции обеспечения устойчивости выемочных выработок в зоне влияния очистных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень, МГГУ, Москва №4, 2005 г. С. 200-204.
8. **Соловьев Г.И.** О результатах опытно-промышленной проверки эффективности способа продольно-жесткого усиления арочной крепи выемочных выработок глубоких шахт // Геотехнічна механіка: Міжвідомствений збірник наукових праць / ІГТМ ім. М.С.Полякова НАН України. - Дніпропетровськ. 2005. – Вип. 61. С.274-284.

© Соловьев Г.И.; Коваль А.Р., Литовченко С.Г., 2007

**САМОЙЛОВ В. Л., ДЁМИНОВ А. Н. (Дон НТУ)  
АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ОБРУШЕНИЙ ЛОЖНОЙ  
КРОВЛИ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ**

Рассмотрен опыт различных шахт по предотвращению вывалов ложной кровли в очистных забоях.

Анализ производственной деятельности шахт Украины, ведущих разработку на больших глубинах в условиях слабых вмещающих пород, показывает, что значительная часть комплексно-механизированных забоев (КМЗ) требует предотвращения вывалообразований неустойчивых пород кровли в этих забоях. Сегодня эта проблема как никогда актуальна, так как на шахтах Украины производительность КМЗ снижается в 2-3 раза [1]. Поэтому на шахтах все большее распространение получают различные способы упрочнения слабых пород кровли, в том числе и скрепляющие составы, обеспечивающие потерю текучести и их отверждение в массиве за время, обусловленное технологией выемки угля. Скрепляющие составы можно разделить на три группы:

- водные суспензии тонких частиц, размеры которых ограничивают возможность применения их для узких трещин. К этой группе относятся водные растворы цемента и глины, обладающие быстрой седиментацией после прекращения движения. Поэтому их сложно применять при узких трещинах. Более стабильные растворы глины со смесью цемента и бентонита или цементы с ускоряющими добавками, но они имеют низкую проницаемость по трещинам;

- гели, вязкость которых постепенно увеличивается до полного отверждения, например, силикатные клеи, широко применяемые для упрочнения грунтов и тампонажа обводненных песков, однако они медленно твердеют и могут быть использованы только для профилактического упрочнения пород;

- растворы на основе синтетических смол, через некоторое время отвердевающие под влиянием добавки или катализатора. По сравнению с силикатными и цементными данные растворы характеризуются лучшими адгезией к породе и проникающей способностью в тонко трещиноватые среды, хорошо регулируемые сроками гелеобразования и отверждения, большей механической прочностью.

При рассмотрении свойств закрепляющих растворов на основе синтетических смол можно сделать вывод, что их основные составляющие имеют преимущества и недостатки. Эпоксидные и полиэфирные смолы обладают хорошими скрепляющими свойствами, но дороги, с высокой вязкостью, чувствительны к влаге. Мочевино-формальдегидные смолы обуславливают несколько худшие физико-механические показатели составов, но менее токсичны, дешевле, имеют более низкую вязкость и обеспеченную сырьевую базу. Следовательно, такие смолы приемлемы для упрочнения пород методом нагнетания. Для этого используются нагнетательные установки с пневматическим приводом.

Рассмотрим технологию упрочнения пород кровли, разработанную в ФРГ и применяемую на некоторых шахтах Донбасса.

Нагнетательное оборудование представлено насосной установкой, высоконапорными шлангами и герметизатором со смесителем. Максимальная производительность установки 10 л/мин, максимальное давление 14 МПа, габаритные размеры 720\*320\*620 мм, масса 90 кг.

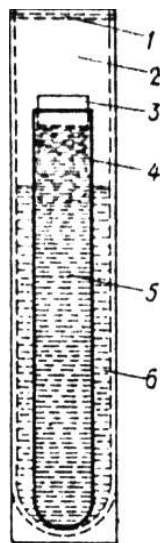
Насосная установка – компактная конструкция без редуктора, в ней соосно соединены два шестеренных насоса и пневмодвигатель, который позволяет плавно регулировать подачу скрепляющего состава. Над насосами располагаются две расходные емкости с жидкостями «Беведоль» и «Беведан». От каждого насоса жидкости поступают по шлангам к тройнику, подсоединенному к концу трубки, выступающей из шпура. В трубке находится пластмассовый смеситель статического действия. Трубка соединена с герметизатором. Шпу-

ры глубиной 4 м бурят в породах под углом 10 – 15 градусов к напластованию на расстоянии один от другого 3 – 5 м, уплотнение проводят на глубине 1,2 – 1,5 м. Герметизатор (разового пользования) оставляют в каждом шпуре. Используют нормальный (время гелеобразования 20 – 30 мин) и ускоренный (1,5 мин) составы. При появлении нормального состава через трещины на обнаженной поверхности массива переключаются на нагнетание ускоренного. Расход полиуретанового состава на один шпур в среднем равняется 200 кг, на укрепление 1 кв. м кровли – около 15 кг. Давление нагнетания не превышает 5 МПа, средняя производительность насосной установки 8,5 л/мин [2].

Технология хорошая, но применяемые смолы дорогие, токсичные. Поэтому она вряд ли получит широкое применение на шахтах Донбасса.

Упрочнение неустойчивых пород кровли в лавах анкерами, закрепляемыми вспенивающимся быстротвердеющим полиуретановым составом по всей длине шпура, находит все большее распространение на шахтах Донбасса. Цель упрочнения – предотвратить обрушение кровли до установки основной призабойной крепи. В лавах с механизированными крепями упрочненная кровля должна выдерживать 4 – 6 циклов нагружения и разгрузки секций при их передвижке.

Сущность способа упрочнения кровли в очистных забоях химическим анкерованием заключается в следующем. Со стороны плоскости обрушения пород с возможно большим опережением очистного забоя устанавливаются анкера на такую глубину, чтобы после выемки и возведения крепи под упрочненную кровлю передний конец анкера находился над массивом угля. Полиуретановый скрепляющий состав подается в шпуры в ампулах (рис.1), представляющих собой запаянную полиэтиленовую оболочку со стеклянной пробиркой.



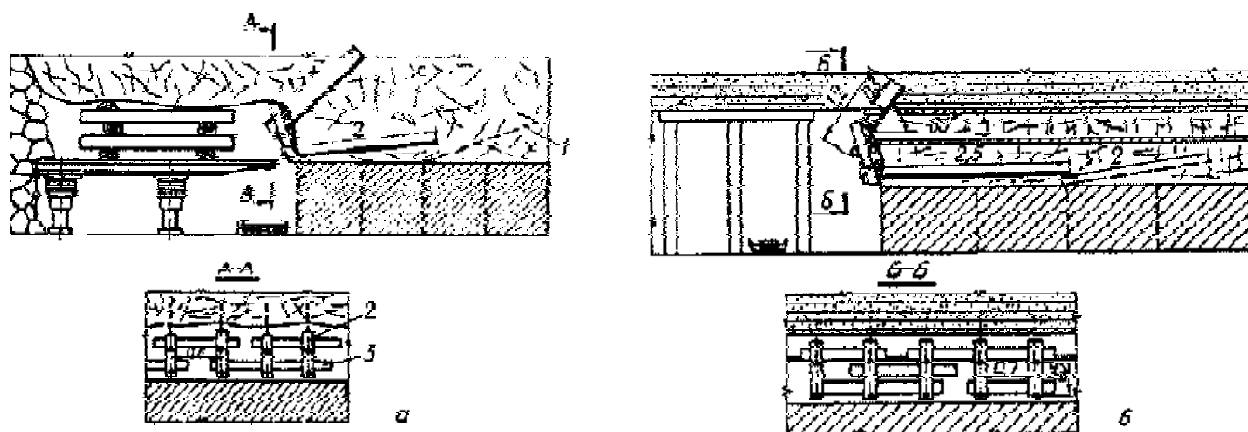
**Рис. 1.** Ампула со скрепляющим составом: 1 - шов (спайка); 2 - полиэтиленовая оболочка; 3 - пенопластовая пробка; 4 - стеклянная пробирка; 5 - кодицин; 6 - полиэфирная смесь.

В ней находится один из компонентов – кодицин, а в полиэтиленовой оболочке – полиэфирная смесь. Общая масса состава в ампуле 170 г. На закрепление одного анкера расходуется 4 – 12 ампул в зависимости от длины шпура, поперечного размера стержня и степени трещиноватости пород; на 1 м шпура в среднем расходуется 3 ампулы [3].

Для образования качественного полиуретана исходные компоненты, находящиеся в ампуле, необходимо перемешать. После укладки ампул в шпур вводится анкер, который вращается с помощью ручного электросверла. При поступательном движении и вращении анкера в течение 30 с пробирка и оболочка ампулы разрушаются, и содержимое их хорошо перемешивается. Полученная смесь вспенивается за 30 – 40 с, увеличиваясь в объеме в 3,5 – 4 раза. Затвердевание происходит через 1 – 3 мин, а через 10 мин анкер можно на-

гружать. Благодаря применению вспенивающегося (расширяющегося) скрепляющего состава эффект упрочнения пород усиливается. При вспенивании состав плотно заполняет пространство между стенками шпура и анкером и проникает на 10 – 15 см в крупные трещины вокруг шпура, скрепляя окружающие породы. Удельная прочность закрепления анкера полиуретановым составом находится в пределах 137 – 178 кН на 1 м шпура. Полиуретановый состав образуется в результате химической реакции между кодицином и полиэфиром, остальные добавки играют вспомогательную, но очень важную роль (трихлорэтилфосфат — пластификатор, триэтиламин — катализатор реакции, эмульгатор КЭП-1 способствует образованию равномерных по величине ячеек пеноструктуры; вода является вспенивателем, при ее взаимодействии с кодицином выделяется углекислый газ; варьируя количество воды, можно изменять кратность вспенивания состава).

В качестве анкеров используются стальные арматурные стержни диаметром 28 или 32 мм и серийно изготавливаемые стальные клиновые анкеры диаметром 20 мм. Плоскость обрушения пород, как правило, закрепляется прогонами (деревянные брусья, распилы, стойки и стальные швеллеры), которые надеваются на концы стержней, выступающие из породного массива. К породе прогоны прижимаются гайками, навинчивающимися на концы стержней. Если кровля представлена мелкокусковой породой (размером до 10 см), под прогоны укладывается деревянная затяжка, благодаря чему значительно уменьшается отслаивание и высыпание пород в сторону выработанного пространства (рис.2).



**Рис. 2.** Схема анкерования на шахтах им. Киселёва (а) и «Ждановская» (б) профилактический анкер; 2 - деревянная шпала; 3 - распил.

Рассмотрим опыт применения химического анкерования в лавах с различной механизацией очистных работ. На шахте им. Киселева объединения Торезантрацит в 1-й восточной лаве пласта *l*», оборудованной комплексом КМК-97, зона неустойчивой кровли находилась в нижней части лавы. Ее длина составляла 20 м. Вывалы пород происходили участками по 3—6 м, между которыми оставались промежутки с устойчивой кровлей. Порода обрушалась сразу за проходом комбайна на высоту 0,7—1 м. При плане 460 т за сутки фактическая добыча угля составляла в среднем 350 т.

После упрочнения пород методом химического анкерования (рис. 2, а) возникавшие вывалы кровли в дальнейшем быстро ликвидировались. Среднесуточная добыча возросла до 600 т, а в отдельные дни достигала 800 т.

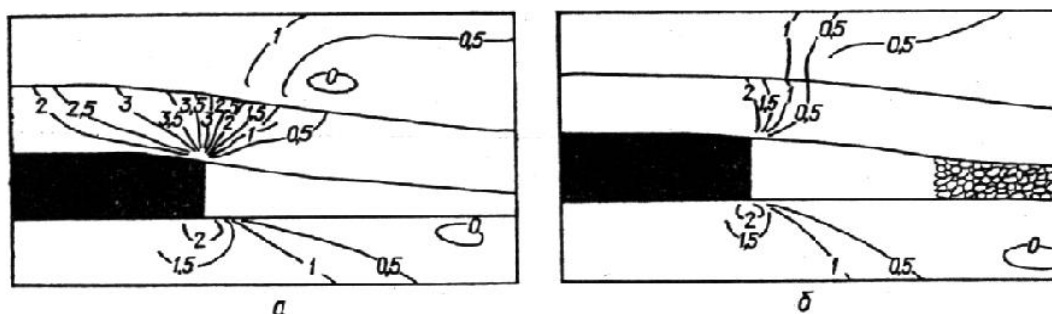
На шахте «Ждановская» (Шахтерскантрацит) химическое анкерование проводилось в 6-й западной лаве пласта *m*», оборудованной комбайном «Донбасс» с шириной захвата 1,6 м и индивидуальной крепью. На пяти ранее отработанных этажах из-за осложнений с поддержанием неустойчивой кровли не удавалось произвести выемку угля до границ шахтного поля. В такую зону попала и 6-я западная лава. Породы кровли периодически обрушались на высоту 1,5—2 м участками по всей длине лавы. В некоторых случаях зона обрушения

превышала половину длины лавы. Упрочнение химическим анкерованием (рис.2, б) осуществлялось участками длиной 7—8 м без прекращения работ по выемке угля. В результате применения указанного метода 6-й этаж был отработан до границ шахтного поля. При выемке угля с закладкой выработанного пространства состояние и устойчивость кровли в лаве намного лучше, чем при полном обрушении. Это обусловлено меньшими проявлениями смещений кровли по нормали к напластованию и изменением механизма взаимодействия вмещающих пород с закладочным массивом. В натуральных условиях изучить особенности этого механизма практически нельзя из-за невозможности расположения соответствующей измерительной аппаратуры в толще горных пород. Исследованиями ДонУГИ на моделях из эквивалентных материалов с использованием ультразвуковых измерений установлено, что трещины появляются в породах кровли призабойного пространства [4]. По мере перехода этих пород в зону поддержания закладочным массивом трещины закрываются, плотность пород кровли достигает плотности ненарушенного массива. Однако процесс образования трещин в кровле пласта при разных способах управления кровлей остается пока недостаточно изученным.

Исследования на моделях из оптически чувствительных материалов дают возможность установить картину распределения напряжений в упругой среде, которая формируется во вмещающих породах, лишь в первый период после выемки угля.

В качестве оптически чувствительного материала использован игдантин. При моделировании полной закладки выработанного пространства усадка закладочного материала составляла 25% мощности пласта. Мощность пород непосредственной кровли принимали равной шестикратной мощности пласта.

Сравнение исходных картин распределения касательных напряжений в упругой среде показывает, что при полной закладке в породах кровли концентрация напряжений намного меньше, чем при полном обрушении (рис.3). Самый высокий уровень напряжений в обоих случаях расположен у кромки очистного забоя. Однако при полном обрушении напряжения вблизи кромки примерно в 1,5—1,8 раза больше, чем при закладке. Кроме того, крайняя часть массива угля на большей площади пригружена дополнительным (опорным) давлением вследствие большего прогиба толщи, оседающей на хаотически обрушенные слои пород непосредственной кровли. Все это дает основание утверждать, что при прочих равных условиях вероятность появления трещин горного давления в породах впереди лавы будет всегда большей при управлении кровлей полным обрушением, чем при закладке. Этому способствует также наличие большей длины зоны опорного давления впереди лавы (возрастает время восприятия породами кровли опорных нагрузок, которые к тому же в реальных условиях имеют знакопеременный характер).



**Рис. 3.** Распределение максимальных касательных напряжений в окрестности очистной выработки при управлении кровлей: а - полным обрушением; б - полной закладкой выработанного пространства.

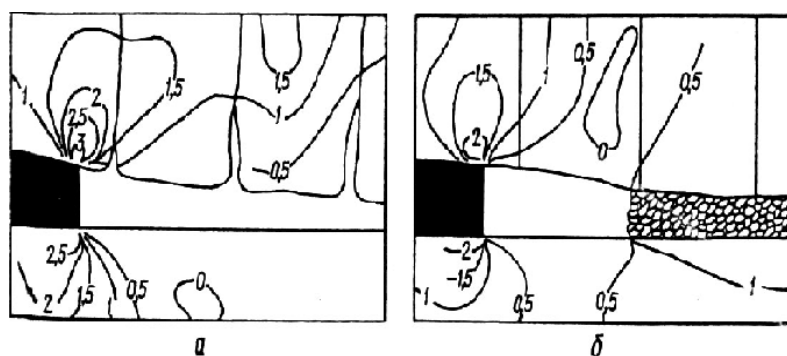
Устойчивость пород кровли в призабойном пространстве существенно зависит от степени их предварительной трещиноватости, сформировавшейся впереди очистного забоя под воздействием опорного давления, а также от величины оседаний над выработанным про-

странством близлежащих пород подработанной толщи. Позади лавы породы кровли рас-  
слаиваются, растут величины их оседания и трещиноватость породных слоев в результате  
действия значительных изгибающих (растягивающих) напряжений. Следовательно, в  
сравнимых условиях при закладке выработанного пространства складывается более бла-  
гоприятная геомеханическая обстановка в окрестности очистного забоя. Очевидно, при  
отработке лав на глубоких горизонтах роль фактора управления кровлей будет возрастать  
в комплексе мер по предотвращению отрицательных проявлений горного давления. Осо-  
бенно положительное влияние полной закладки будет сказываться при выемке пластов  
мощностью более 0,9—1 м, в непосредственной кровле которых залегают относительно  
слабые аргиллиты или алевролиты (мощность слоев до 2—3 м), а основная кровля пред-  
ставлена прочными песчаниками значительной мощности.

Подработанные породы непосредственной и основной кровли, оседающие на хаотически  
обрушенный слой или на закладку, представляют собой блочный массив типа безраствор-  
ной кирпичной кладки. Причем по мере удаления от пласта размеры блоков в плоскости  
напластования увеличиваются. Чтобы проследить в первом приближении механизм рас-  
крытия и закрытия торцовых межблочных трещин над призабойным и выработанным  
пространствами, в моделях воспроизведены разрезы пород кровли по нормали к напласто-  
ванию. Взаимодействие блоков и распределение в них напряжений в целом соответствуют  
поведению сплошной упругой среды, есть возможность представить общую механиче-  
скую картину оседания подработанной толщи.

При наличии в породах кровли некоторой блочной структуры при закладке выработанно-  
го пространства концентрация максимальных касательных напряжений вблизи кромки  
массива угля намного меньше, чем при полном обрушении кровли (рис.4,а). Характерно,  
что при обрушении кровли по мере удаления от очистного забоя увеличивается раскрытие  
межблоковых трещин. В реальных условиях это сопровождается разрушением пород на  
торцовых поверхностях блоков. Чем интенсивнее процессы расслоения и разрушения по-  
род, тем хуже их состояние в лаве.

Изложенные геомеханические особенности поведения пород кровли при обрушении прак-  
тически полностью устраняются или сводятся к минимуму, если в лаве применяется пол-  
ная закладка выработанного пространства (рис.4,б), когда усадка закладочного массива не  
превышает 20—25% вынимаемой мощности пласта, а отставание закладки от забоя не бо-  
лее 3—3,5 м. Породы кровли при этом не теряют своей сплошности. Если в близлежащих  
слоях непосредственной кровли и образуются трещины горного давления, то интенсив-  
ность и глубина их намного меньше, а процесс раскрытия и закрытия трещин не носит яв-  
но выраженного характера.



**Рис. 4.** Распределение максимальных касательных напряжений и взаимодействие имитируемых блоков при управлении кровлей:

а – полным обрушением; б – полной закладкой выработанного пространства.

Чтобы при полном обрушении обеспечить хорошую устойчивость кровли в призабойном пространстве, нужно резко уменьшить прогиб и опускание кровли не только вблизи забоя,

но и в пределах зоны активных сдвижений пород над выработанным пространством. Длина этой зоны применительно к типовым средним горно-геологическим условиям Донбасса примерно равна удвоенному месячному подвиганию лавы.

Контактирующие между собой призматические блоки создают устойчивую систему, которая представляет собой пакет слоев (типа разрезных балок), имеющих в плоскости напластования разную длину блоков. Область трещиноватости пород, расположенных над очистной выработкой, по своей форме приближается к своду, в вершине которого залегает плита с большим шагом обрушения. Чем меньше процент усадки закладочного массива, тем меньше ширина и высота перемещающейся сводообразной области трещиноватых пород. За счет увеличения сил трения и зацепления торцов блоков повышается устойчивость кровли в призабойном пространстве лавы. Однако в случае большого отставания закладочного массива от забоя (более 6 м) преимущества этого способа в части компенсации отрицательных воздействий горного давления существенно уменьшаются.

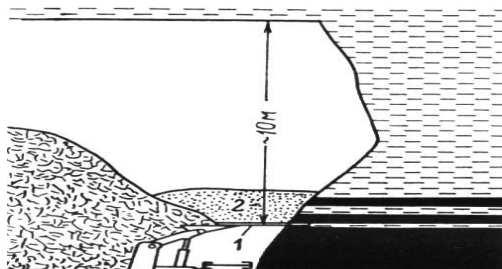
Применение закладки выработанного пространства снижает концентрацию напряжений во вмещающих породах и повышает их устойчивость в призабойном пространстве и в окрестности очистного забоя. Механизм улучшения состояния кровли заключается в уменьшении эксплуатационной трещиноватости пород впереди и позади лавы, в сохранении сплошности, увеличении сил трения и зацепления между оседающими породными блоками. В сравнимых условиях геомеханические показатели применения закладки улучшаются по мере увеличения жесткости закладочного массива и уменьшения ширины поддерживаемого призабойного пространства. Закладка выработанного пространства снижает нарушенность подработанной толщи и способствует сохранению окружающей среды.

На некоторых шахтах Донбасса отрабатываются лавы с использованием щитовых крепей. И для таких забоев существуют способы, при которых щитовая крепь позволит добиться хороших результатов при управлении неустойчивой кровлей [5].

Известно, что из-за нарушения устойчивости щитовая крепь не в состоянии поддерживать кровлю при образовании угольным забоем откоса. Крупные вывалы породы из кровли в этих зонах могут существенно снизить скорость подвигания очистного забоя. В этом плане интересен опыт ФРГ.

Лавы со щитовой крепью отрабатывала пласт Дикебанк вынимаемой мощностью 220 см. Непосредственная кровля пласта в нижней части представлена сланцеватой глиной. Выше нее залегает слой породы с угольными прослойками переменной мощности, и на расстоянии от пласта примерно 130 см проходит слой сланцеватой глины с включениями глинистого железняка. При повороте лавы на 200 гон вблизи точки поворота образовывались вывалы породы высотой до 10 м, что объяснялось подработкой линий очистных забоев и установкой лавы по направлению основного кливажа.

Для безопасного преодоления крепью участков с большими вывалами породы из кровли их заполняли природным ангидритом фирмы Гебр. Кнауф (рис.5).



**Рис. 5.** Ангидритовая перемычка в вывале породы из кровли на пласте Дикебанк.

Для этого между верхним перекрытием крепи и угольным забоем укладывали рельсы, над которыми возводили ангидритовую перемычку. Вывалы породы высотой менее 1 м целесообразно заполнять ангидритом полностью. Следует отметить положительный опыт работы в этом направлении шахты «Фридрих дер Гроссе». Согласно используемому спосо-



бу, вывалы породы большой высоты следует перекрывать ангидритовой перемычкой высотой максимум 1,5 м.

Опыт показал, что нагнетание ангидрита позволяет мехкрепи преодолевать участки лавы с крупными вывалами породы из кровли. Перемычка высотой около 1,5 м из природного ангидрита перекрывает вывал со стороны лавы, обеспечивает восстановление распора слоев кровли параллельно напластованиям и предотвращает дальнейшее разрыхление пород кровли над еще не отработанным угольным забоем. Благодаря высокой прочности ангидритовая перемычка создает жесткую опору передвигаемой под ней щитовой крепи и защищает от обрушающихся кусков породы горняков, работающих под вывалом.

В заключение следует отметить, что неустойчивая кровля в большинстве лав встречается не на всём протяжении выемочного поля, а периодически и на ограниченных участках по длине лавы. Переход этих участков без мероприятий по упрочнению пород кровли всегда связан с ухудшением технико-экономических показателей. Несмотря на относительно высокие затраты, с помощью всех выше приведенных способов укрепления кровли можно получить экономический эффект. В каждом конкретном случае, исходя из горно-геологических условий, решается вопрос об эффективности применения упрочнения пород кровли в очистном забое путем нагнетания в них упрочняющих составов или химического анкерования, а при большой высоте вывалов – сооружения ангидритовых перемычек. Применение полной закладки выработанного пространства наряду с предотвращением вывалов пород кровли позволяет за счет оставления породы в шахте улучшить экологическую обстановку в Донбассе и уменьшить площадь плодородных земель, отводимых под породные отвалы.

#### **Библиографический список**

В. В. Кара, Р. Г. Ильюшенко, Ю. Н. Цедрик. Скрепляющие составы для упрочнения пород кровли в очистных забоях // Уголь Украины. – 1978. - № 1.– с.11-12.

В. К. Сальников, И. М. Данильченко, З. П. Кобрин. Испытания полиуретановых составов для укрепления неустойчивых пород // Уголь Украины. – 1983. - № 12.– с.10-13.

В. В. Кара, В. К. Сальников. Химическое анкерование в очистных забоях // Уголь Украины. – 1977. - № 7.– с.20-22.

М. П. Зборщик, С. В. Подкопаев. Механизм повышения устойчивости кровли в лавах при закладке выработанного пространства // Уголь Украины. – 1992. - № 5.– с.20-23.

Краэ Ю., Шрер Д., Шмидт Э. Заполнение вывалов породы из кровли ангидритом в лавах со щитовой крепью // Глюкауф. – 1987. - № 7.– с.6-9.

© *Самойлов В. Л., Дёминов А. Н., 2007*

## КОЛОМИЕЦ А.Ф., ПАСТЕРНАК Д.Н., РЕБРОВ Н.В. (Дон НТУ) ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЕКЦИЙ ФЕДОРОВА В КРИСТАЛЛОГРАФИИ

Изучено прямоугольное вспомогательное проецирование в проекционной системе Федорова. Показаны возможности применения ее в кристаллографии.

В начале XIX века известный кристаллограф Федоров Е.С. создал новую проекционную систему изображения пространства на плоскости [1]. Она была разработана им для рационального отображения на плоскости объектов геологии и горного дела.

Сущность предложенной системы состоит в следующем (рис. 1). Дана плоскость проекций  $\Pi$  и два центра проецирования  $S_\infty$ ,  $T_\infty$ , расположенных в несобственных точках. Центр

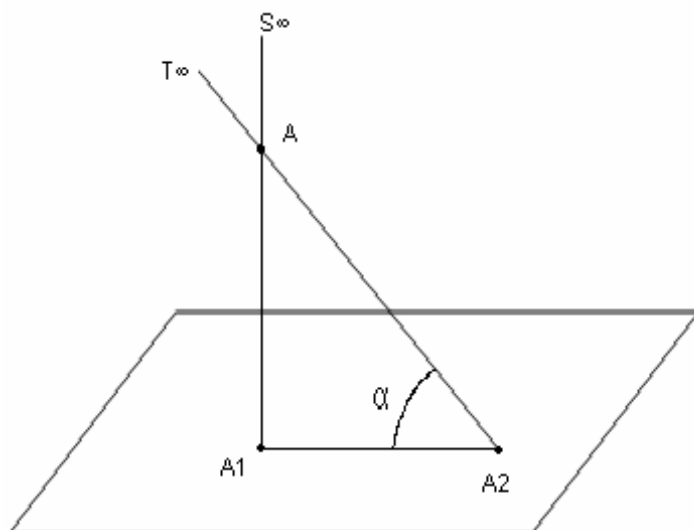


Рис. 1. Построение проекций Федорова

$S_\infty$  сопряжен с плоскостью проекций  $\Pi$  прямоугольно, центр  $T_\infty$  – косоугольно. Объект пространства, в данном случае точка  $A$ , изображается на плоскости  $\Pi$  двумя проекциями – прямоугольной  $A_1$  и косоугольной  $A_2$ . Зная угол  $\alpha$  наклона проецирующих лучей, можно реконструировать изображенный предмет. Поэтому на чертеже помимо двух проекций предмета должен быть задан угол  $\alpha$  наклона проецирующих лучей, идущих из центра проецирования  $T_\infty$ .

Несмотря на очевидные преимущества перед другими проекционными системами в изображении

геологических и горных объектов, данная система не нашла должного применения. Дело в том, что не был разработан способ преобразования изображений в системе Федорова. Мало изобразить рационально предмет, нужно еще и решить задачу, ради которой выполнены изображения. Чтобы решить задачу, использовали замену плоскостей проекций, предварительно перейдя от проекций Федорова к эпюру Монжа, т.е. преимущества проекций Федорова полностью убиралось.

Поэтому возникла необходимость создания способа преобразования изображений, который бы органически вписывался в систему проекций Федорова и давал бы возможность полностью реализовать преимущества данной проекционной системы.

Нам представляется, что таким способом может быть вспомогательное проецирование [2].

В данной работе изучено прямоугольное вспомогательное проецирование для решения метрических задач и его применение в кристаллографии.

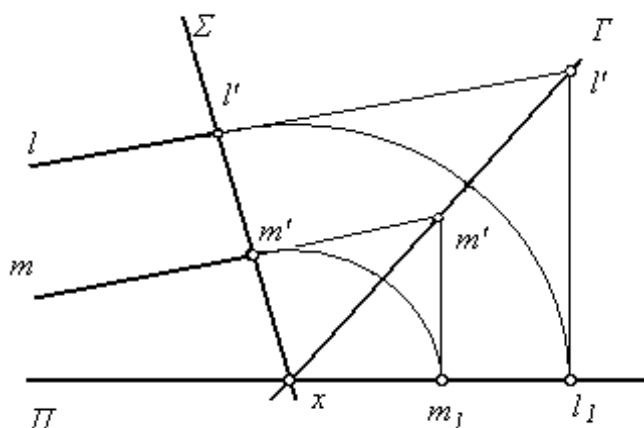


Рис. 2. Определение расстояния между параллельными прямыми

Сущность прямоугольного вспомогательного проецирования рассмотрена на схеме (рис. 2). Пусть дана плоскость проекций  $\Pi$ , которую изобразим в виде линии  $\Pi$  и две параллельные прямые  $l$  и  $m$ . Необходимо определить расстояние между прямыми  $l$  и  $m$ .

Выберем в качестве направления дополнительного проецирования прямые  $l$  и  $m$ . Дополнительную плоскость проекции  $\Sigma$  назначим перпендикулярно  $l$  и  $m$ . То-

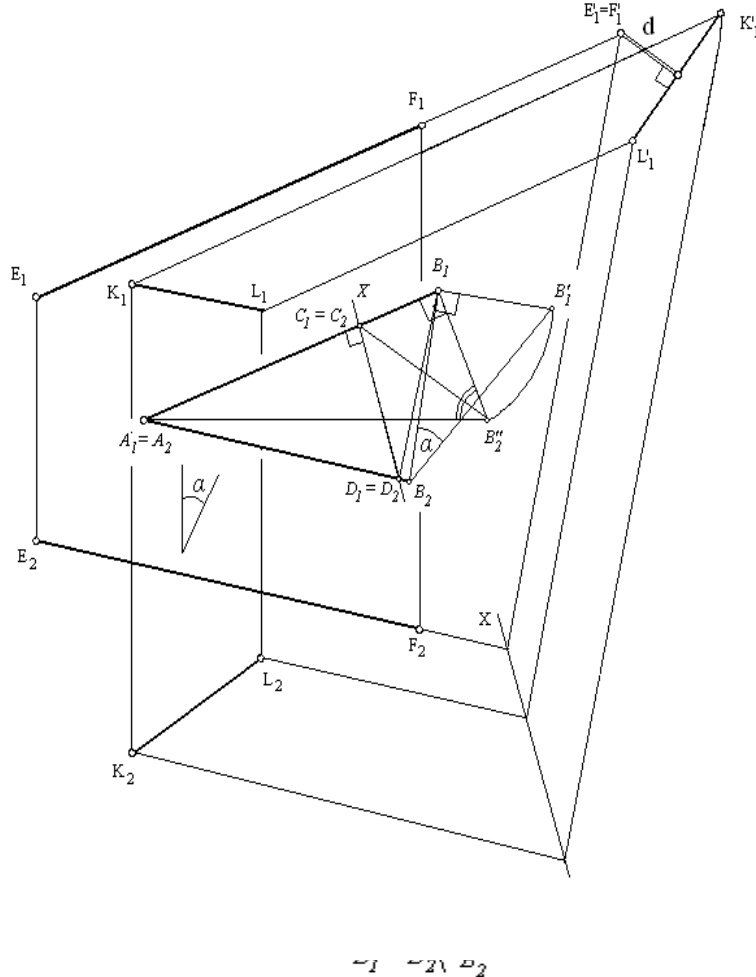


Рис. 3. Диаграмма построения плоскости  $\Gamma$  и носителя

гда точки пересечения  $l'$  и  $m'$  прямых  $l$  и  $m$  с плоскостью  $\Sigma$  будут дополнительными проекциями этих прямых на плоскость  $\Sigma$ . Повернув плоскость  $\Sigma$  вокруг линии  $x$  пересечения  $\Pi$  и  $\Sigma$  до совмещения с плоскостью проекций  $\Pi$ , получим на чертеже натуральную величину  $m_1l_1$  расстояния между  $l$  и  $m$ .

Построения можно упростить, если вместо  $\Sigma$  назначить плоскость  $\Gamma$ , биссекторную относительно дополнительного и основного прямоугольного направлений проецирования. В этом случае операция совмещения исключается.

Таким образом в основе прямоугольного вспомогательного проецирования в проекциях Федорова лежат две задачи – построение плоскости  $\Gamma$ , биссекторной относительно дополнительного и основного прямоугольного проецирования и определение точек  $l', m'$  пересечения  $l, m$  с  $\Gamma$ .

Спроецировав  $l'$  и  $m'$  прямоугольно на  $\Pi$ , получим искомое расстояние  $m_1l_1$ . Покажем данные построения на чертеже. Пусть задана прямая  $AB$  ( $A_1B_1, A_2B_2$ ) и угол  $\alpha$  косоугольного проецирования (рис. 3). Определим высоту  $h$  точки  $B$ , используя угол  $\alpha$ . Вращением вокруг проекции  $A_1B_1$  совместим точку  $B$  с плоскостью  $\Pi$  в точке  $B''_1$ . Разделим угол  $A_1B''_1B_1$  пополам. Отметим точку  $C$  ( $C_1, C_2$ ) и точку пересечения биссектрисы угла с  $A_1B_1$ . Через точку  $C$  проведем прямую  $x$  перпендикулярно  $A_1B_1$ , которая будет линией пересечения плоскостей  $\Pi$  и  $\Gamma$ . Плоскость  $\Gamma$ , заданная линиями  $BC$  и  $x$ , будет биссекторной относительно  $AB$  и основного прямоугольного проецирования. В данном случае точку  $B$  можно рассматривать как точку пересечения прямой  $AB$  с плоскостью  $\Gamma$ . Ее можно построить следующим образом: заключим прямую  $AB$  в косоугольно проецирующую плоскость  $\Delta$ . Построим линию  $DB$  пересечения  $\Gamma$  и  $\Delta$ . Косоугольная проекция  $D_2B_2$  совпадет с  $A_2B_2$ , прямоугольная  $D_1B_1$  пройдет через точки  $D_1$  и  $B_1$ . На пересечении  $D_1B_1$  и  $A_1B_1$  будет расположена точка  $B_1$ . Линия  $D_1B_1$  – носитель вспомогательной проекции прямой  $AB$ . Чертеж, на котором построены  $\Gamma$  и носитель  $D_1B_1$ , назовем диаграммой.

В качестве примера решим задачу. Определить расстояние  $d$  между прямыми  $EF$  и  $KL$  (рис. 4). На чертеже задан угол  $\alpha$  косоугольного проецирования.

Назначим прямую  $EF$  в качестве направления дополнительного проецирования. Построим диаграмму. В свободном месте чертежа назначим точку  $A$  ( $A_1, A_2$ ) и через нее проведем прямую  $AB$  параллельно  $EF$ . Далее выполняем все построения аналогично построениям на рис. 3. В удобном месте чертежа проводим линию  $x$  параллельно линии  $x$  на диаграмме. Через точки  $E_2, F_2, K_2, L_2$  проводим косоугольные

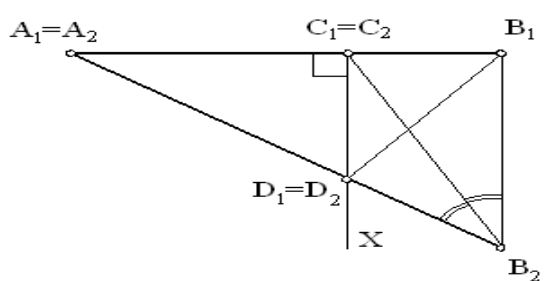


Рис. 5. Построение диаграммы в частном случае

проекция лучей до пересечения с линией  $x$ . Из полученных точек пересечения строим носители, параллельные носителю  $D_1B_1$ . Из точек  $E_1, F_1, K_1, L_1$  проводим прямоугольные проекции лучей до пересечения с соответствующими носителями. Получим вспомогательные проекции  $E'_1=F'_1, K'_1L'_1$  прямых  $EF$  и  $KL$ . Отрезок  $d$  перпендикуляра из точки  $E'_1=F'_1$  на  $K'_1L'_1$  – искомое расстояние.

Возможен частный случай, когда угол  $\alpha$  равен  $45^\circ$  и прямоугольная проекция  $A_1B_1$  луча  $AB$  перпендикулярна линиям связи (рис. 5). Совмещенное положение  $B_1$  точки  $B$  совпадет с  $B_2$ . Тогда ось  $x$  можно построить, проведя биссектрису угла  $A_1B_2B_1$ .

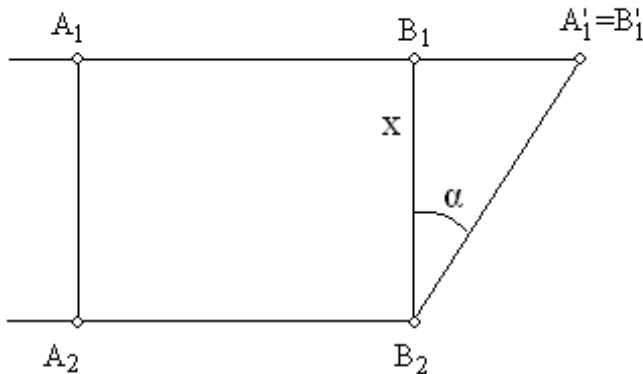


Рис. 6. Построение вспомогательной проекции луча, когда его проекции параллельны между собой.

Пример. Определить двугранный угол  $\beta$  при ребре  $SK$  между гранями  $SKM$  и  $SKL$  кристалла  $\beta$ -кварца, представленного гексагональной дипирамидой (рис. 7).

Плоскость проекций  $\Pi$  совместим с плоскостью, разделяющей дипирамиду на две пирамиды. Высота дипирамиды будет перпендикулярна  $\Pi$ .

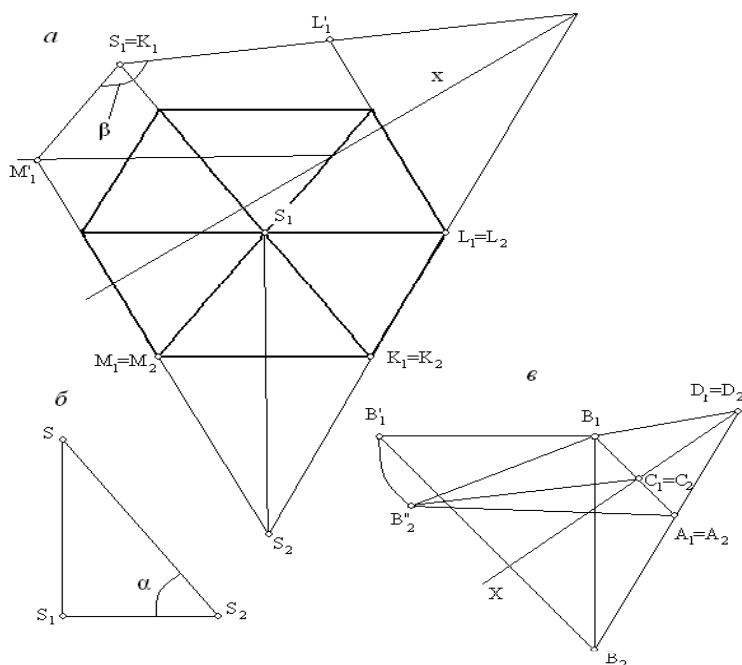


Рис.7. Определение двугранного угла кристалла  $\beta$ -кварца

Ребро  $SK$  спроецировалось в точку  $S'_1=K'_1$ , грани – в линии  $S'_1K'_1M'_1, S'_1K'_1L'_1$ . Между ними угол  $\beta$  будет искомым.

Рассмотренный метод прямоугольного вспомогательного проецирования органично вписывается в проекционную систему Федорова Е.С. Благодаря своей простоте и гиб-

Если проекции луча  $AB$  окажутся параллельными между собой, т.е. когда луч  $AB$  будет параллелен плоскости проекций  $\Pi$ , и линии связи будут перпендикулярны им, то диаграмму можно не строить. Ось  $x$  совпадет с направлением линий связи, а носитель пройдет под углом  $\alpha$  наклона основного косоугольного проецирования к плоскости проекций  $\Pi$ .

В качестве примера использования изложенных теоретических положений в кристаллографии рассмотрим следующий пример.

Плоскость проекций  $\Pi$  совместим с плоскостью, разделяющей дипирамиду на две пирамиды. Высота дипирамиды будет перпендикулярна  $\Pi$ .

Построим косоугольную проекцию дипирамиды так, чтобы косоугольные проекции ребер пирамиды совпали с проекциями ребер основания дипирамиды. Угол  $\alpha$  в таком случае можно определить, если построить прямоугольный треугольник (рис. 7 б), катетами которого служат отрезок  $S_1S_2$  и высота пирамиды (на рисунке построения уменьшены в два раза).

На рис. 7 в построена диаграмма, на которой определено направление носителя  $D_1B_1$  и положение оси  $x$ . В качестве дополнительного проецирования назначено ребро  $SK$ .

кости он дает возможность расширить область применения проекций Федорова в геологической и горной практике.

### **Библиографический список**

1. Зенгин А.Р. Приложение метода Е.С. Федорова к горному делу // Методы начертательной геометрии и ее приложения. – М.: ГИТТЛ, 1955. – 441 с.
  2. Колотов С.М. Вопросы теории изображений. – К.: Изд-во Киевского университета, 1972. – 162 с.
- © Коломиец А.Ф., Пастернак Д.Н., Ребров Н.В., 2007

УДК 622.831

### **САМОЙЛОВ В.Л., ПАСКАЛЬНЫЙ В.А. (ДонНТУ) АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПЛАСТА $k_8$ ШАХТЫ им. А.Ф.ЗАСЯДЬКО**

*Проанализированы различные способы охраны выемочных выработок на шахтах с горно-геологическими условиями, аналогичными условиям пласта  $k_8$  шахты им. А.Ф.Засядько, предложено мероприятие по управлению вмещающими породами в месте возведения литой полосы.*

С увеличением глубины разработки ухудшаются условия поддержания выработок, так как происходит увеличение вытеснения в них вмещающих пород. Проблема поддержания и сохранения устойчивости выработки позади очистного забоя актуальна не только с позиции их повторного использования, но и для обеспечения прямого проветривания, так как часто возвратное проветривание не позволяет достичь высокой нагрузки на лаву из-за ограничений по газовому фактору.

В сложных горно-геологических условиях увеличиваются затраты на поддержание горных выработок, но тем не менее многие из них находятся в неудовлетворительном состоянии. Значительные смещения пород и не достаточная несущая способность рамной металлической крепи являются причиной больших объемов ремонтных работ при поддержании выработки, падения производительности труда, увеличения себестоимости угля и снижения безопасности ведения работ. Поэтому необходимо проводить исследования и по выбору более рациональных способов охраны выработок, и по управлению состоянием породного массива, которые были бы экономически целесообразными и конкурентоспособными для конкретных горно-геологических условий пласта  $k_8$  шахты им. А.Ф.Засядько.

Пласт  $k_8$  имеет простое строение. Средняя мощность пласта составляет 1,0 м. Прочность угля на одноосное сжатие 15 МПа. Непосредственная кровля пласта – глинистый сланец мощностью 1,5 м с пределом прочности на одноосное сжатие 40 МПа. Основная кровля пласта – известняк мощностью 5,0 м, прочностью на сжатие 90 МПа. Непосредственная почва пласта – песчаный сланец мощностью 7,5 м, прочностью 34 МПа.

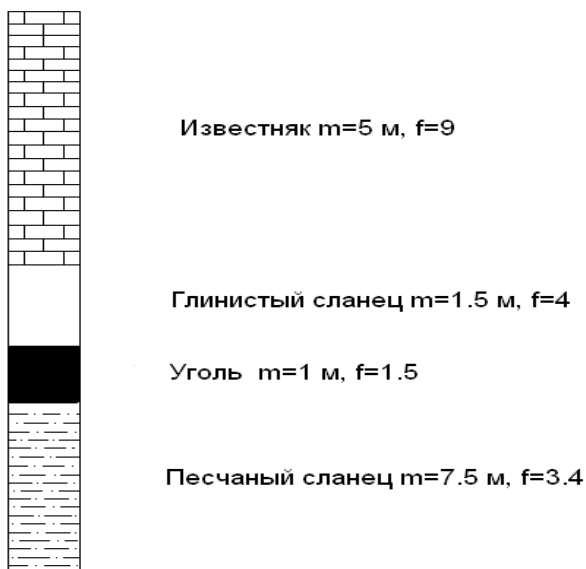
Залегание пласта выдержанное с углом падения  $11^\circ$ . Пласт опасен по внезапным выбросам угля и газа, к самовозгоранию не склонен.

Геологические нарушения в проектируемой части шахтного поля отсутствуют. Породы, вмещающие угольный пласт, обводнены. Глубина ведения работ – 940 м.

Стратиграфическая колонка пласта приведена на рисунке 1.

Способ подготовки шахтопласта панельный. Система разработки комбинированная, как с преобладанием признаков сплошной, так и столбовой системы разработки с прямооточной схемой проветривания выемочного участка.

Транспорт полезного ископаемого от лавы по конвейерному штреку осуществляется скребковым СП-202, а затем ленточными конвейерами 1Л-80.



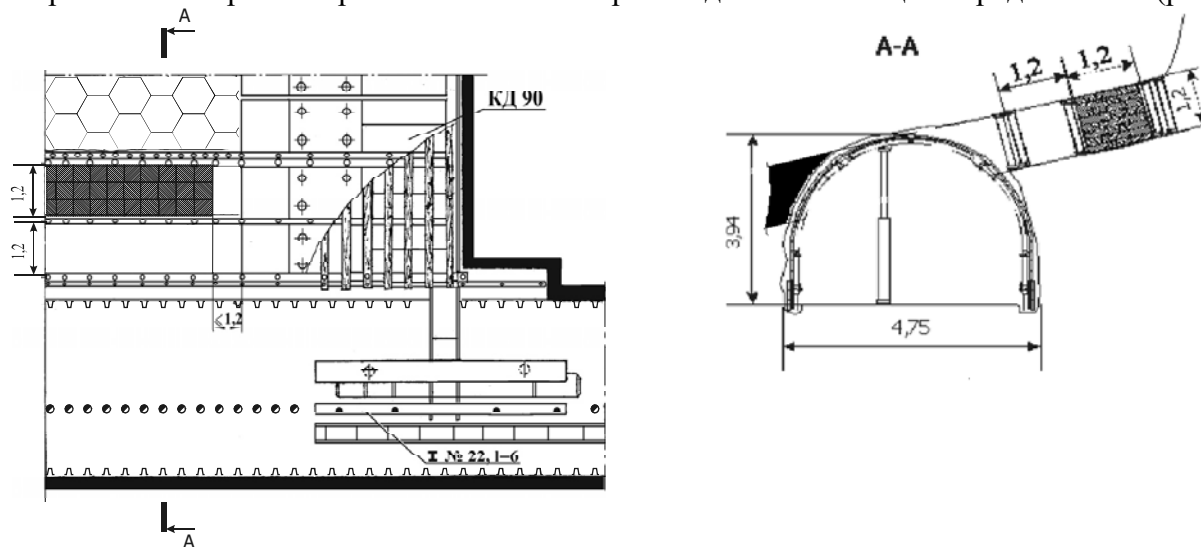
**Рисунок 1** – Стратиграфическая колонка пласта  $k_8$  и вмещающих пород.

Скорость подвигания очистных работ равна 105 м/мес.; скорость проходки - 120 м/мес. Длина крыла панели равна 1000 м.

Подготовительные выработки проведены с подрывкой пород почвы пласта проходческими комбайнами.

Тип крепи выработки – металлическая пятизвенная крепь КМП–А5. Площадь сечения выработок в свету до осадки  $15,2$  м<sup>2</sup>, ширина в проходке 4,75 м.

Охрана конвейерной выработки на шахте производится с помощью 3 рядов БЖБТ (рис.2).



**Рисунок 2** – Охрана повторно используемой выработки БЖБТ.

Рассмотрим опыт применения различных способов охраны выемочных выработок в условиях, аналогичных условиям пласта  $k_8$  шахты им. А.Ф.Засядько.

На шахте им. Бажанова объединения «Макеевуголь» лава обрабатывалась по сплошной системе разработки. Штреки проводились вслед за лавой сечением  $15,8$  м<sup>2</sup>, охранялись породной полосой шириной 20...22 м. Вынимаемая мощность пласта 1,4-1,65 м, угол падения 5°. В кровле залегает глинистый сланец (мощность до 13,2 м), а в почве – песчаный сланец (7,3 м). Расстояние между рамами крепи 1 м. Выработки проводились комбайном 4ПП-2 в сочетании со скреперной установкой ЗУ для закладки породы в бутовые полосы [1].

Выработки, проведенные за очистным забоем, находились в хорошем состоянии и успешно использовались повторно.

На основании данного опыта можно рассматривать сплошную систему разработки с проведением выработки за лавой как экологически чистую, позволяющую решить один из важных вопросов – оставление породы в шахте. Данная система обеспечивает устойчивость выработок и возможность их повторного использования. Эффективнее решается вопрос поддержания сопряжений выработок с очистным забоем, увеличивается объем извлечения и повторного использования металлокрепей из погашенных выработок.

На шахте «Суховская» ПО «Торезантрацит» 5-й откаточный штрек пласта  $h_2^H$  при сплошной системе разработки охранялся целиком углем шириной 12...15 м. Мощность пласта 0,9...1,1 м, угол падения 19...22°. Непосредственная кровля – глинистый сланец мощностью 5,5 м, основная кровля – мощный песчаник, почва – песчано-глинистый сланец. Глубина заложения 400 м. В двадцати метрах за лавой крепь выработки полностью деформировалась. Возникла необходимость найти более рациональный способ охраны выработки [2].

Целики угля были заменены двумя сплошными рядами тумб из железобетонных блоков, которые устанавливались после передвижки конвейера лавы на расстоянии 1,5 м от ножи крепи. Железобетонные блоки не деформировались. Максимальное сжатие деревянных прокладок равнялось 78 мм. Тумбы, которые устанавливались без деревянных прокладок, были полностью разрушены. Утечки воздуха оказались такими же, как и при охране целиками угля. Смещения достигли лишь 200 мм. Максимальная скорость смещений кровли 3,2 мм в сутки.

Годовой экономический эффект только по заработной плате на 1 м поддержания выработки составил 62,6 руб. (в ценах на 1975 год). Дополнительно извлечено из целиков 10 тыс. т. угля.

Таким образом, охрана штрека тумбами БЖБТ дает положительные результаты при средней устойчивости непосредственной и мощных песчаниках основной кровли.

Существенным недостатком данного способа охраны является низкая степень механизации возведения охранного сооружения.

На шахте №12 «Наклонная» объединения «Донецкуголь» на пласте  $h_4$  выработка охранялась жесткой полосой на основе фосфогипсового вяжущего. Мощность пласта 1,5 м, угол падения пласта 5...8°, глубина разработки 600 м. Непосредственная кровля пласта – среднеустойчивый слоистый аргиллит (мощность 4 м, прочность 27 МПа), основная – слоистый алевролит (мощность 5 м, прочность 39 МПа), и песчаник большой мощности; почва – алевролит (мощность 7 м, прочность 40 МПа). Конвейерный штрек площадью поперечного сечения в свету 7,1 м<sup>2</sup> для отработки лавы обратным ходом был пройден с подрывкой кровли [3].

Сближение кровли и почвы в 45 м за лавой составило 220 мм. Штрек был пригоден к повторному использованию.

Экономический эффект от применения жесткой литой полосы составил 26 руб. (в ценах на 1986 год) на 1 м поддерживаемой выработки. Промышленная проверка показала, что жесткие литые полосы являются эффективным средством охраны выемочных выработок в описанных горно-геологических условиях и могут быть рекомендованы к широкому применению.

Шахта «Комсомолец Донбасса» объединения «Шахтерскантрацит» разрабатывает пласты  $l_4$  и  $l_7$ . Мощность пластов 1...1,1 м, угол падения 5...10°. Кровля представлена глинистым сланцем (мощность 4...11,5 м, прочность 50 МПа), почва – песчаным сланцем (мощность 3...7 м, прочность 50...70 МПа), глубина разработки 450...650 м. Пластовые выработки площадью сечения в свету 9,6...13,8 м<sup>2</sup> пройдены с верхней и нижней подрывкой пород и закреплены пятизвенной арочной крепью (1 рама на метр).

Конвейерные штреки, поддерживаемые на границе с выработанным пространством, охранялись первоначально с помощью искусственных сооружений – БЖБТ в комбинации с деревянными ограждениями [4].

Наблюдения показали, что наибольшие смещения породы происходят позади лавы на расстоянии 10...20 м и на расстоянии 40...50 м стабилизируются. Смещения впереди лавы незначительны.

Значительное смещение пород имело место в конвейерных штреках при охране их двумя рядами БЖБТ в сочетании с деревянными кострами. Например, площадь поперечного сечения конвейерного штрека 1-й северной лавы пласта  $l_4$  в 50 м от очистного забоя уменьшилось на 55% от проектного, а высота на 1190 мм.

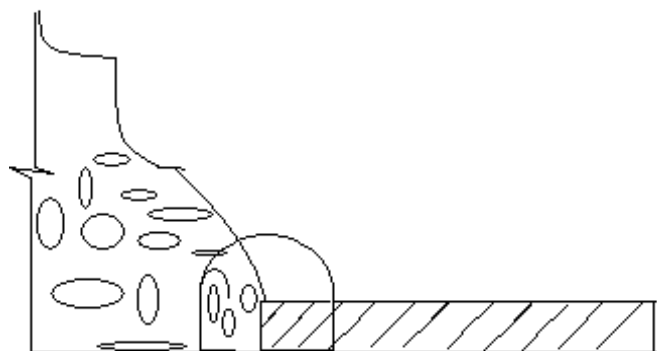
Неудовлетворительное состояние штреков, поддерживаемых на границе с выработанным пространством, большие трудозатраты при доставке и укладке блоков, привели к тому, что в настоящее время БЖБТ на шахте применяют редко.

Возведение за рядами БЖБТ породной полосы различной ширины не дало положительного эффекта, увеличило вытеснение пород в выработку. Значительные смещения при охране БЖБТ и бутовой полосой обуславливали необходимость ремонтных работ позади лавы. Результаты натурных наблюдений позволили установить, что для условий пластов  $l_4$  и  $l_7$  применение БЖБТ как с деревянными кострами, так и с бутовой полосой не целесообразно, так как костры или бутовая полоса увеличивают длину зависающих консолей горных пород, что в свою очередь приводит к увеличению нагрузки на крепь, к увеличению её деформаций и затрат на поддержание выработки.

Для условий, когда в кровле пласта находятся слабые породы, применение охраны выработки тумбами БЖБТ не дает эффекта. Тумбы БЖБТ целесообразно использовать в условиях, когда в кровле и в почве пласта находятся породы выше средней устойчивости.

С увеличением глубины разработки пластов на шахтах ГХК «Свердловантрацит» охрана подготовительных выработок широкими целиками привела к росту потерь угля и не всегда обеспечивала их удовлетворительное состояние в течении длительного периода эксплуатации [5].

Поэтому перешли к охране выработок, пройденных с частичной присечкой угольного массива на пластах  $h_8$  и  $k_5^1$ , разрабатываемых соответственно шахтами им. Володарского и им. Свердлова (рис. 3). Конвейерный уклон проводится по выработанному пространству лавы № 69 пласта  $h_8$  с присечкой целика на 1,2 м, уклоны №9 горизонта 644 м и 9-й людской горизонта 724 м пласта  $k_5^1$  – по выработанному пространству лав №163 и №169 с присечкой соответственно угольного массива и целика на 1,1 м.



**Рисунок 3** – Проведение выработки с частичной присечкой угольного массива.

Смещения кровли составили 260...400 мм, смещения боков выработки – 250...500 мм, явные поднятия почвы не были зафиксированы.

Охрана пластовых выработок проведением их вприсечку к выработанному пространству в условиях глубоких антрацитовых шахт обеспечивает их длительную эксплуатационную устойчивость. При этом необходимо, чтобы проведение присечной выработки осуществлялось после полного затухания процесса сдвижения подрабатываемого массива.



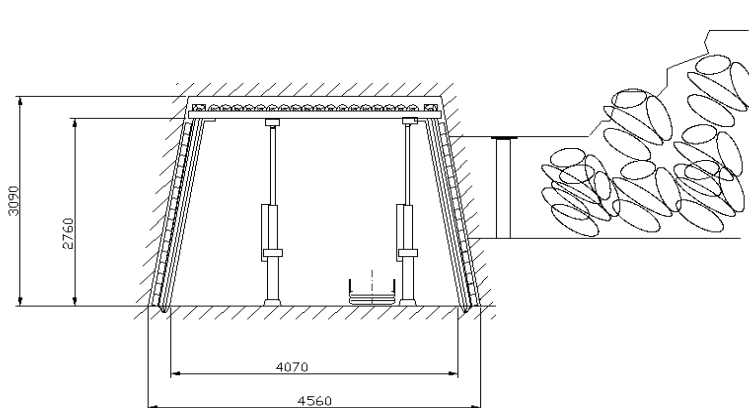
В присечных выработках преобладают боковые смещения ранее разрушенных и уплотненных пород нижних слоев кровли, которые в 1,5...2,5 раза больше вертикальных. При развитии очистных работ на смежных выемочных участках происходит активизация сдвижения ранее подработанной толщи горных пород. Это способствует не только увеличению смещений на контуре присечной выработки, но и вызывает асимметричную нагрузку на крепь, проявляющуюся в перемещении ее вертикальной оси в сторону угольного массива или целика.

Опыт шахты «Кузнецкая» объединения «Кузбассуголь» показал, что при легкообрушаемых породах кровли возможна охрана подготовительных выработок за лавой по схеме массив - обрушаемые породы с помощью крепи, совместно с крепью усиления (рис. 4). Данный способ охраны проверялся на шахте им. Ленина объединения «Ворошиловград-уголь» (пласт  $l_2^1$ , 3-й конвейерный ходок). Глубина горных работ 450 м, вынимаемая мощность пласта 1,3...1,5 м, угол падения 1...5°. Непосредственная кровля пласта – легкообрушаемый известняк мощностью до 1 м, и аргиллит мощностью 10...12 м, основная кровля – песчаник мощностью 10 м; почва – чередующиеся аргиллит, алевролит и песчаник [6]. Паспорт способа охраны предусматривает установку гидростоек типа ГСК непосредственно в выработке в виде двух переносных рядов – со стороны выработанного пространства и со стороны массива угля.

Для изоляции выработанного пространства пробивается однорядная органная крепь. Гидростойки устанавливались впереди очистного забоя на расстоянии 15...20 м и по мере продвижения лавы на 50...70 м их переносили.

Промышленные испытания показали, что при данном способе охраны на опытном участке было обеспечено безремонтное поддержание выемочного ходка. Смещение контура выработки составило со стороны кровли 350 мм, почвы – 300 мм, и с боков (в основном со стороны массива угля - 500 мм).

Таким образом, охрана выемочных выработок в зоне влияния очистных работ переносной крепью усиления вполне надежна, и ее можно рекомендовать для применения в аналогичных условиях при легкообрушаемых породах кровли. В выработках, охраняемых указанным способом, следует использовать податливую в вертикальном и горизонтальном направлении рамную крепь.

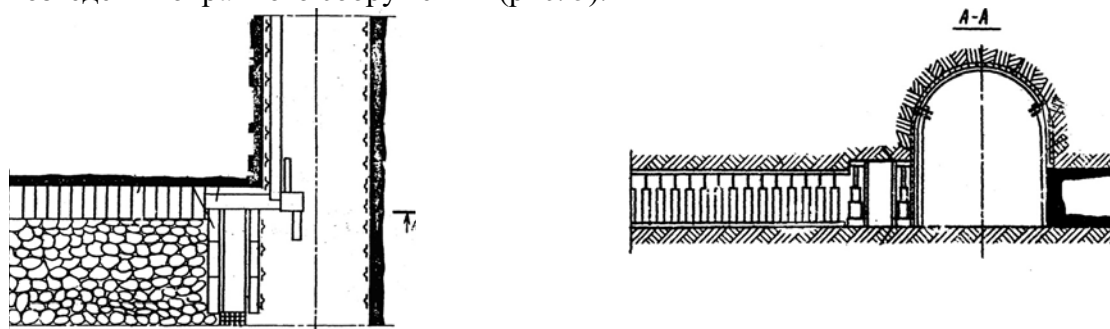


**Рисунок 4** – Конвейерный ходок, охраняемый переносной крепью из стоек ГСК-9.

Применение дополнительных мероприятий позволяет более быстро создать систему крепь-порода, что препятствует расслоению массива вокруг выработки, в результате чего уменьшается нагрузка на крепь выработки и на охранное сооружение. Позволяет уменьшить затраты на поддержание выработок, и увеличить производительность труда.

В авторском свидетельстве [7] предложен способ поддержания сопряжения лавы с выработкой, включающий в себя после выемки пласта возведение на сопряжении полосы охранного сооружения с установкой по его бокам распорной крепи, отличающийся тем, что,

с целью снижения затрат на поддержание выработки и повышения безопасности работ, перед возведением полосы охранного сооружения осуществляют посредством распорной крепи равномерное вдавливание в горный массив приконтурных слоев пород кровли с усилием 1500-3000 кН на 1 м погонный. Величину распора поддерживают до окончания возведения охранного сооружения (рис. 5).



**Рисунок 5** – Схема возведения литой полосы с предварительным распором.

Предлагаемый способ позволит снизить затраты на поддержание выработок и повысить безопасность работ по возведению литой полосы. Применение данного способа создает препятствие большому расслоению пород, что значительно уменьшает нагрузку на крепь и на охранное сооружение. Поэтому предлагаемый способ охраны является перспективным в условиях Донбасса.

Таким образом, из выше изложенного следует, что для условий пласта  $k_8$  шахты им. А.Ф.Засядько могут быть применены следующие способы охраны: бутовой полосой, БЖБТ, литой полосой из быстротвердеющего материала, кострами, а также проведением вприсечку к выработанному пространству. При возведении литой полосы целесообразно по её бокам установить секции механизированной крепи.

### Библиографический список

- А.Н.Селезень, Б.Т.Тупиков, В.В.Шевченко. Поддержание штреков при сплошной системе разработки на глубоких горизонтах // Уголь Украины – 1991. - №8.-С. 25-27.  
 В.А.Бирюков, А.А.Котелевец. Охрана откаточного штрека в тяжелых горно-геологических условиях тумбами из железобетонных блоков // Уголь Украины – 1975. - №8.-С. 32.  
 И.Ю.Заславский, А.Г.Файвишенко, А.П.Захаров. Эффективность применения литых жестких полос для охраны выемочных штреков // Уголь Украины – 1986. - №6.-С. 18-19.  
 И.Ф.Заславский, Н.А.Боев, В.Н.Чураков. Охрана повторно используемых выработок на шахте «Комсомолец Донбасса» // Уголь Украины – 1983. - №2.-С. 16-18.  
 А.Ф.Борзых, Е.П.Горовой, В.И.Радченко. Охрана наклонных подготовительных выработок путем их проведения вприсечку // Уголь Украины – 2001. – №6.-С. 7-9.  
 В.Ф.Хуторной, Г.И.Патрикеев, В.Л.Буторинцев. Охрана подготовительных выработок за лавой по схеме массив - обрушенные породы // Уголь Украины – 1977. - №9.-С. 13-14.  
 А.с.1010279 СССР, МКИ<sup>3</sup> E 21 D 13/02. Способ поддержания сопряжения выработанного пространства с подготовительной выработкой/ И.Л.Черняк и др. (СССР) – Оpubл.07.04.83. Бил. № 13 – 3с.

© Самойлов В.Л., Паскальный В.А., 2007

**КАТЬКАЛОВА О. А., КОЛОМІЄЦЬ А. Ф., ПАСТЕРНАК Д. М. (ДонНТУ)  
ВИКОНАННЯ ГІРНИЧИХ КРЕСЛЕНЬ ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ**

*В статтє обосновується внедрение комп'ютерных технологий в учебный процесс по выполнению горной документации в курсовых работах для студентов направления подготовки „Горное дело”.*

В умовах сучасних високих технологій у виробництві проектувальники мусять користуватися високопродуктивними методами і засобами проектування різноманітних об'єктів – машин, споруд, будівель, шахт, рудників тощо. І, якщо в машинобудуванні та будівництві комп'ютерні технології уже набули досить широкого поширення, то в гірництві вони перебувають на початковій стадії впровадження. Свої перші кроки у використанні комп'ютерних технологій у навчальному процесі починають здійснювати і студенти навчальних закладів різних рівнів акредитації саме гірничого спрямування від технікумів до університетів.

Навчальними програмами з нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки передбачається виконання студентами креслень за спеціальністю. Зазвичай, це курсові роботи з інженерної графіки, в яких розглядаються питання виконання та оформлення графічної та текстової документації з майбутньої спеціальності студентів.

Студенти напрямку підготовки „Інженерна механіка”, як правило, курсові роботи з інженерної графіки виконують на комп'ютері. Студенти ж гірничого профілю свої курсові роботи виконують ще переважно вручну, хоча певні зрушення в цьому питанні вже є. Значна частина студентів самотужки оволодіває комп'ютерними технологіями для виконання контрольних і курсових робіт. Вже другий рік поспіль одна група спеціальності РКК курсову роботу з інженерної графіки за темою „Правила виконання гірничих креслень” виконує у комп'ютерному класі кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки. На жаль університет не має змоги забезпечити у повній мірі навчальний процес комп'ютерною технікою.

Як свідчить досвід, якість курсових робіт, виконаних на комп'ютері під керівництвом викладача, значно вища, ніж робіт, виконаних вручну. Студенти набагато активніше працюють з комп'ютером, ніж з лінійкою і циркулем. На наше переконання і знання студенти набувають значно глибші і ґрунтовніші, бо комп'ютерні технології вимагають від виконавця більшої точності і компетентності у зображенні гірничих об'єктів.

Курсова робота з інженерної графіки містить у собі графічну частину та пояснювальну записку. Виконуючи графічну частину роботи, студенти вивчають правила виконання планів гірничих виробок, вертикальних розрізів, наочних зображень підземних гірничих виробок, систем розробки, перерізів гірничих виробок (штреків, квершлагів, стволів), спряження ствола з квершлагом тощо.

Виконання графічної частини на першому етапі вимагає від студентів досить багато часу і наполегливості, бо студенти ще не знають основ гірництва, не вміють користуватися комп'ютером, до того ж комп'ютерне виконання креслень суттєво відрізняється від традиційного. Крім того, студентам бракує ефективних методичних та навчальних посібників, у комп'ютерному класі недостатня кількість робочих місць. Про деякі аспекти виконання графічної документації за допомогою комп'ютера ми вже писали в роботах [1, 2]. У цій статті ми продовжуємо розмову з названих питань.

Головним і унікальним гірничим кресленням є план гірничих виробок, який починається разом з будівництвом шахти і протягом усього часу діяльності її цей документ щомісячно поповнюється новою інформацією про положення і стан гірничих виробок та обладнання у них. Процес виконання плану гірничих виробок розтягується на довгі роки і десятиліття. Тому щомісячне поповнення планів труднощів не викликає. Проблеми були раніше з тиражуванням цього документа. Нині переважна більшість шахт переклала доку-

менти на електронний носій. Тепер проблем з тиражуванням поменшало. План гірничих виробок, крім безпосереднього планування та контролю за ходом гірничих робіт, використовується для розробки заходів, пов'язаних з експлуатацією гірничого підприємства – плани ліквідації аварій, схеми провітрювання, газовидобутку, дегазації, водовідливу тощо. На шахті ці документи виготовляє маркшейдерська служба. Усі інші інженерно-технічні працівники користуються ними і мусять вміти їх читати.

У курсовій роботі студенти формують невеликий фрагмент плану гірничих виробок уявної шахти, на якому показують стволи, квершлагів, штреки, бремсберги, похили, хідники, лаву. Зображення виробок супроводжується відповідними написами, які пояснюють їхню назву, призначення та положення. Крім того, на фрагментові плану показують горизонталі земної поверхні з відповідними числовими позначками. Ця частина курсової роботи сприяє засвоєнню студентами основних правил виконання та засобів передачі інформації на документі.

Найбільш трудомісткими є креслення систем розробки, технологічних схем очисних робіт, паспортів кріплення очисних вибоїв та керування гірничим тиском через значні площі зображень нестандартних умовних позначень обвалень порід, бутових смуг, численні секції гідрофікованих кріплень, стояків тощо, а також поперечні перерізи гірничих виробок – стволів, квершлагів, штреків і т. ін.

Комп'ютерні технології значно полегшують виконання таких зображень з допомогою операцій копіювання. Наприклад, можна зобразити один із багаторазово повторюваних елементів, а потім скопіювати його у необхідній кількості у відповідних місцях і матимемо увесь набір таких елементів. У такий спосіб побудовано елементи армування скіпового ствола на його перерізі, показаному на рис. 1. Справа від перерізу показані окремі елементи армування, які копіюванням були перенесені на відповідні місця перерізу.

Так само виконуються креслення поперечних перерізів горизонтальних і похилих гірничих виробок – штреків, квершлагів, бремсбергів тощо. Півстоліття тому були розроблені альбоми типових перерізів таких виробок (7 томів). У кожному альбомі міститься близько 100 варіантів перерізів. Проте, якщо взяти за основу поділу площу поперечного перерізу виробок, то їх набереться 7 - 10 варіантів. Якщо таких перерізів доводиться креслити багато, то доцільно створити бібліотеку зображень обладнання виробок (рейкові колії, водовідливні канавки, трубопроводи тощо) і потім операціями копіювання „вклеювати” їх в зображення перерізу на відповідних місцях.

Аналогічно можна зображувати елементи кріплень на технологічних схемах очисних робіт, паспортах кріплення та керування гірничим тиском в очисних вибоях (секції гідрофікованих кріплень, стояки, тумби, костри тощо). Якщо значна площа креслення покривається зображенням бутових смуг чи обвалення порід, то можна побудувати невелику ділянку такого зображення, а потім операцією копіювання заповнити усю необхідну площу цього зображення. Такі операції значно прискорюють процес виконання креслень. Саме у такий спосіб побудовано зображення бутових смуг та обвалення порід на рис. 2. Крім того, штрихування, заливання чи зображення обвалень порід можна показувати не на всіх площах, де вони мають місце, а тільки біля контурів виробок, як показано на рис. 2.

Укладаючи пояснювальну записку, студенти вивчають правила оформлення звітів про наукові та дослідно-конструкторські роботи у відповідності до стандарту [3]. Курсові проекти (роботи) з інженерної графіки, які виконують студенти 1-х, 2-х курсів, можна віднести до дослідно-конструкторських робіт. Зокрема, у пояснювальній записці мають бути завдання на курсову роботу, реферат, вступ, опис фрагмента шахти в межах заданого блоку, елементарні розрахунки обсягів очисних та підготовчих робіт, висновки, перелік посилань та додатки. У додатках мають бути наведені декілька таблиць умовних знаків та позначень гірничих об'єктів.

Таким чином, виконуючи спеціалізовану курсову роботу з інженерної графіки, студенти 2-го курсу знайомляться з основними кресленнями гірничих об'єктів та правилами їх виконання. Використання комп'ютерних технологій дозволяє студентам набути певних

знань та навичок виконання і оформлення проектної документації сучасними методами і засобами. А це вже суттєво сприяє підготовці студентів до виконання у подальшому курсових та дипломних проектів. Слід зазначити, що наведені тут рекомендації – це лише невелика частина можливостей, які надає нам комп'ютер. А будь-який користувач має широке коло можливостей для пошуку оптимальних прийомів та засобів і удосконалення своєї майстерності.

$$S_{\text{сш}} = 56,7 \text{ M}^2 \quad S_{\text{пр}} = 70,8 \text{ M}^2$$

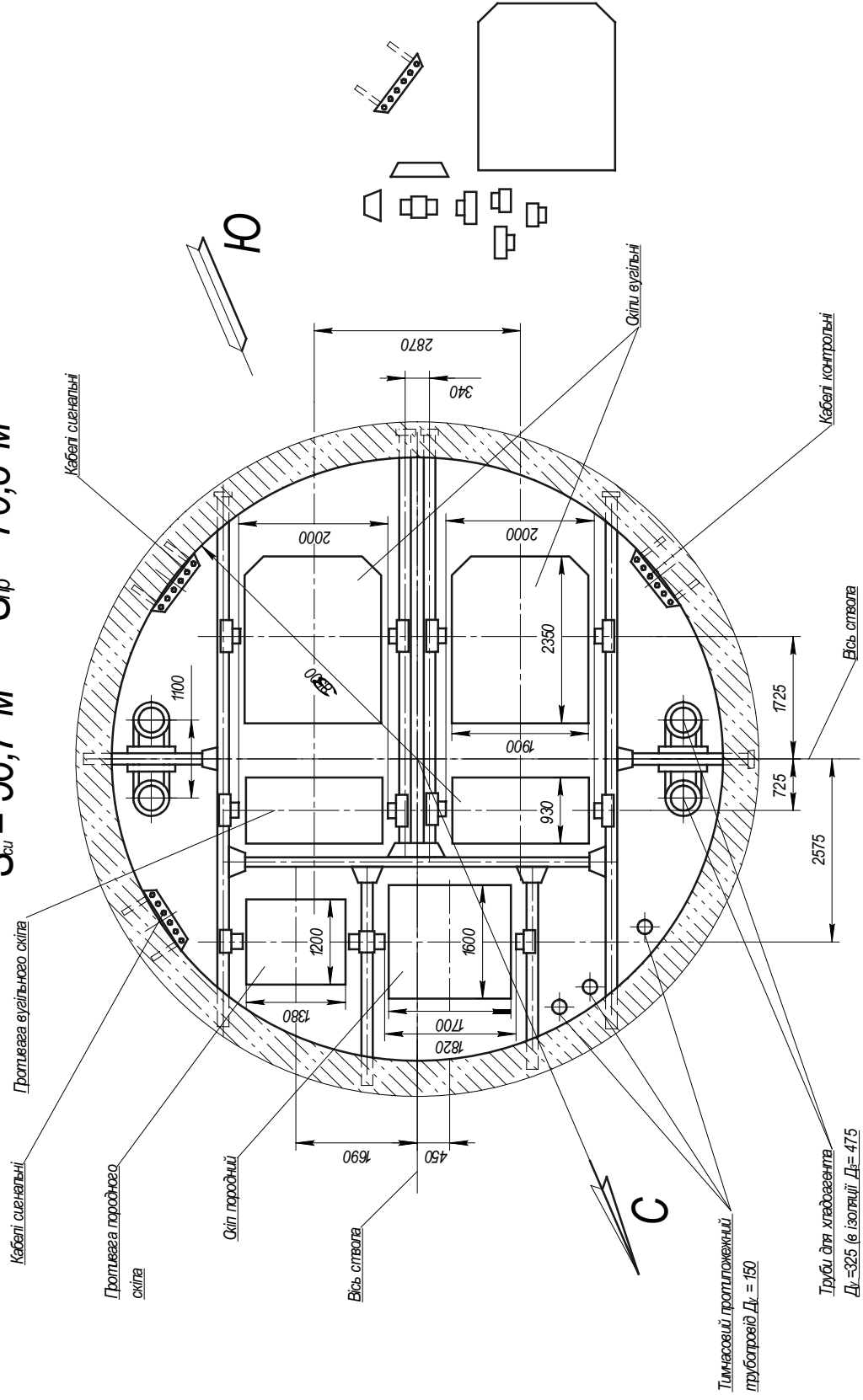


Рис. 1 – Скіповий ствол

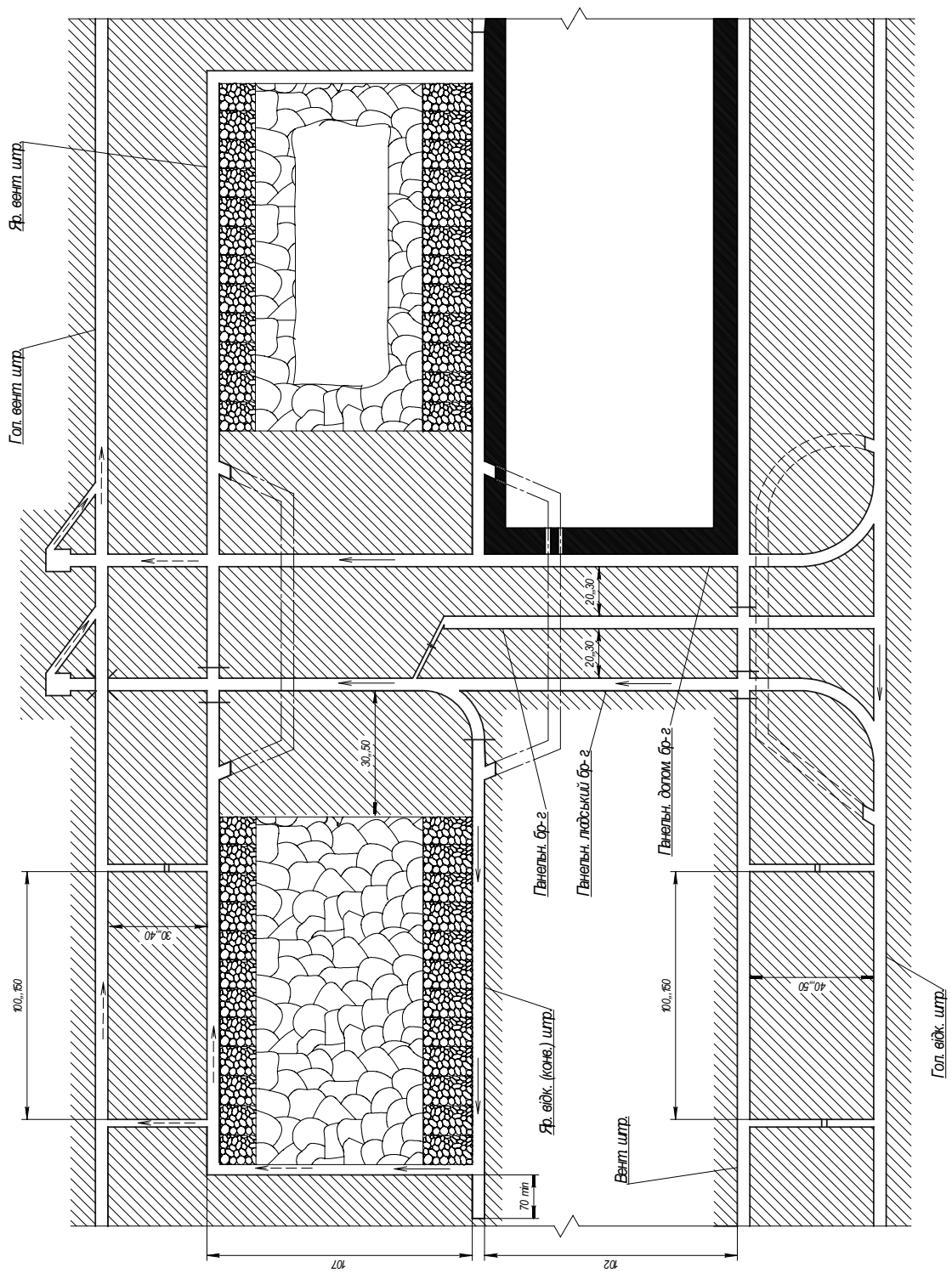


Рис. 2 – Система розробки

## Бібліографічний список

Коломієць А. Ф., Пастернак Д. М., Неснов Д. В. Виконання гірничої графічної документації з використанням комп'ютерних технологій //Геотехнологии на рубеже XXI века. /Под общ. ред. С. С. Гребенкина, Ю. В. Бондаренко. – Донецк: ДУНПГО. – Т.3. – 175 с.

Коломієць А. Ф., Пастернак Д. Н., Катькалова Е. А. Построение и использование наглядных изображений горных объектов. //Изв. Донецкого горного института, 2005. - № 1. – С. 28 – 31.

ДСТУ3008 – 95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. Чинний від 1996 – 01 – 01.

© Катькалова О. А., Коломієць А. Ф., Пастернак Д. М., 2007

УДК 622.831

### **ГАВРИШ Н.Н., МАКАРОВ С.В. (ДонНТУ) ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ВЫБРОСООПАСНЫХ ЗОН НА ПЛАСТЕ k<sub>8</sub> ШАХТЫ «ОКТЯБРЬСКИЙ РУДНИК»**

*В результате анализа горно-геологических условий установлены зоны возможного повторения выбросоопасной ситуации с учетом основных показателей выбросоопасности и влияния целиков от смежных пластов. Указана методика принятия решения о проведении этих работ.*

Большинство шахт Донбасса разрабатывают газоносные угольные пласты и имеют определенную категорию метаноносности. Даже шахты Западного Донбасса, которые добывают уголь на глубинах 300 - 500 м, в слабых, с высокой пористостью породах (до 20%), имеют опасные концентрации метана.

Увеличение глубины разработки до 1200 - 1400 м и интенсификация добычных работ на шахтах Донбасса, показали насущную необходимость разработки новых, научно-обоснованных принципов прогнозирования выбросоопасности углепородного массива, с целью повышения безопасности добычных работ на угольных шахтах. Более 80% шахт Донбасса – газовые, в том числе и сверхкатегорные, то есть на каждую тонну добытого угля выделяется более 15 метров кубических метана.

Проблема эффективной и безопасной добычи угля - одна из наиболее важных для Украины. В шахтах, к сожалению, при добыче 1 - 1,5 млн. т угля гибнет 3-4 горняка. Эти показатели значительно выше, чем, например, в высокоразвитых государствах мира. По результатам исследований и анализа ситуации, которая сложилась, главными причинами высокого уровня аварийности по вине "газового фактора" являются следующие. Первое - на это время уже достигнута граница технических возможностей отечественных технологий прогнозирования и дегазации газонасыщенных углепородных массивов. Второе - попытка в этих условиях существенно, в 3-5 раз увеличить нагрузку на лавы - приводит к возрастанию концентрации метана в горных выработках и выработанном пространстве. Следствием этих 2-х причин, в совокупности с низким уровнем технологической дисциплины, как правило, есть авария, травматизм и гибель людей.

Газ находится практически везде в углепородной толще. Необходимо учитывать тот факт, что геологические процессы периодически изменяют структурно-текстурные характеристики пород, условия их залегания, что приводит к перераспределению газового потенциала в разных слоях на площади шахтного поля. Так, региональные тектонические процессы сминали углепородную толщу, формируя складки с поднятыми (антиклиналями) и опущенными (синклиналями) участками. Поскольку метан легче воздуха, он стремится

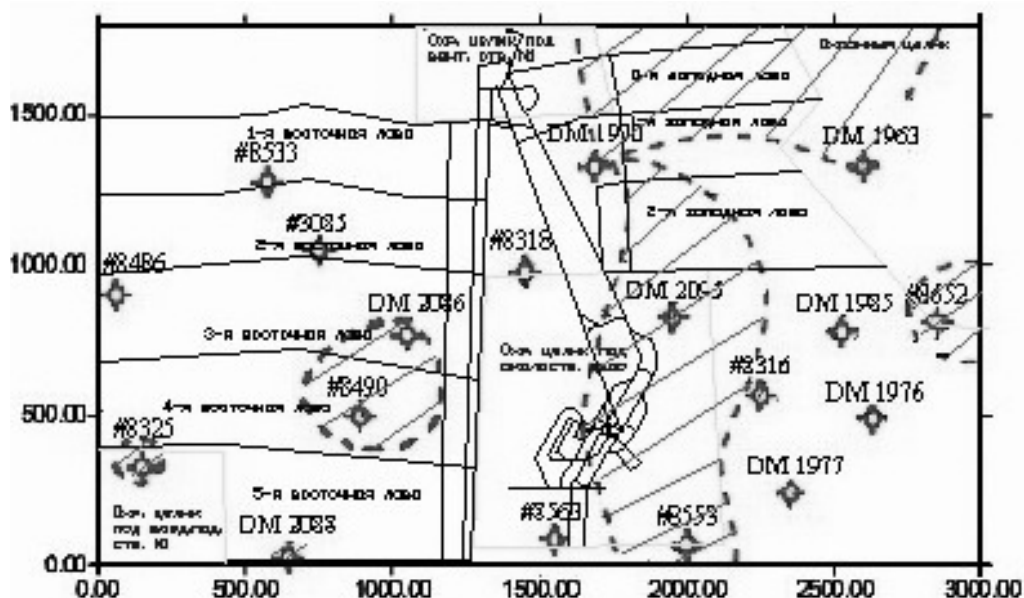


вверх. Поэтому в массиве идут постоянные геологические процессы массопереноса: газ стремится в приподнятые структуры, вода, наоборот, в пониженные.

Как только происходит первый выброс на шахте, пласт, при разработке которого произошел выброс, относят к выбросоопасным, а шахта относится к категории опасной по внезапным выбросам.

На шахте 21.03.06 г. в 21:30 при проведении взрывных работ в тупиковом забое 1-го западного конвейерного штрека 1-й западной лавы, на отметке ПК10+15 по пласту  $k_8$ , произошло газодинамическое явление, при котором образовалась полость глубиной 5 метров, произошел отброс угля в объеме 80 т на расстояние до 11 метров от забоя выработки, и повышенное газовыделение в объеме 2170 м<sup>3</sup>.

Теоретически определить зоны, проявления выбросоопасности, возможно путём проведения горно-геологического анализа. В данной работе был проведен анализ данных разведочных скважин на образно составленных участках (1–4), включающих в себя от 6 до 8 скважин, равномерно расположенных по всему участку шахтного поля. При помощи программы “Surfer” были построены карты изолиний комплексного показателя метаморфизма  $M$ , выхода летучих веществ  $V^{daf}$  и газоносности пласта  $X$ . По значениям допустимых концентраций на картах изолиний были выделены зоны возможной повышенной выбросоопасности. После этого этапа карты изолиний были совмещены с планом горных работ, что позволило определить расположение зон относительно лав. Такая карта, с выделенными зонами с наложенным планом горных работ представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Возможные зоны повторения выбросоопасной ситуации.

Таким образом, исходя из программы ведения очистных работ по пласту  $k_8$ , можно сделать вывод, что возможность повторения выбросоопасной ситуации проявится при отработке 0-й и 2-й западной лав, а также при отработке 3-й и 4-й восточной лав.

Отработка пологих угольных пластов в Донбассе на глубинах более 1000 м сопряжена с большим количеством газодинамических, динамических и геомеханических осложнений. Все эти явления имеют общую природу: они обусловлены аномалиями напряженного состояния горного массива и неразрывно связанными с ними необратимыми изменениями свойств угольных пластов и вмещающих пород. Аномалии могут иметь геологическое, технологическое либо техногенное происхождение.

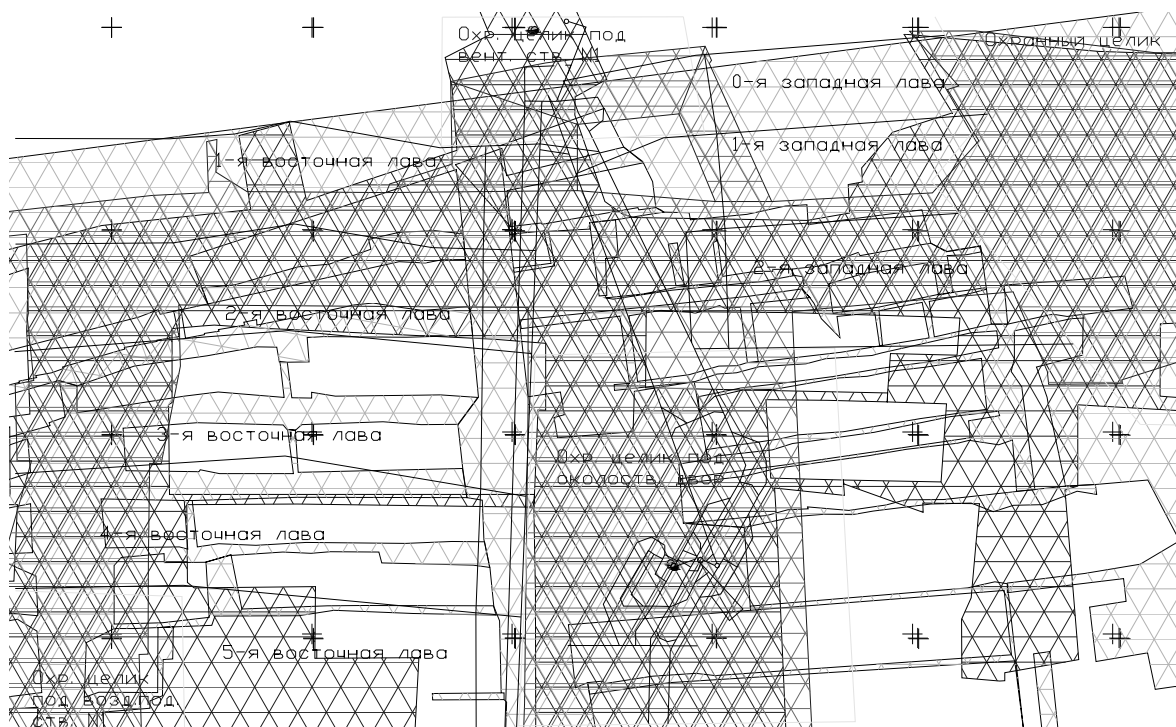
Типичным примером техногенных аномалий напряженного состояния горного массива являются зоны повышенного горного давления (ПГД), формирующиеся при оставлении угольных целиков на смежных пластах. Было установлено, что в горном массиве, вмещающем угольный целик, формируется область повышенных сжимающих напряжений. Их действие в течение периода более 2-х лет приводит к необратимым изменениям в

угольном пласте и во вмещающих породах, к так называемой «геомеханической деструкции», которая в дальнейшем является основной причиной повышенной выбросоопасности.

Размеры областей влияния ранее оставленных целиков и краевых частей по нормали к напластованию в случаях их наложения на геологические и технологические аномалии, по мнению некоторых ученых и практиков [4] могут быть в 3-4 раза больше нормативных. Наибольшую опасность при подработке целиков, по их мнению, представляют локальные зоны, являющиеся вертикальными проекциями их границ на плоскость обрабатываемого пласта.

Для уточнения и дальнейшего развития этих положений на участке шахтного поля по пласту  $k_8$  были выполнены специальные исследования в условиях групп смежных пластов  $l_8^1, m_3$ , разрабатываемых в поле шахты «Октябрьский рудник» и пласта  $n_1$ , разрабатываемого в поле шахты «Октябрьская».

Для рассмотрения горнотехнической ситуации, возникшей при отработке 1 западной лавы пласта  $k_8$  в т.ч. в зонах, расположенных под далеко удаленными целиками на пластах  $l_8^1, m_3$  и  $n_1$ , при помощи программы AutoCad произведено построение совмещенного плана горных работ (рис. 2).



**Рис. 2.** Совмещенный план горных работ на пласте  $k_8$  и целиков и краевых частей пластов  $l_8^1, m_3$  и  $n_1$

Главная особенность расположения первой западной лавы состоит в том, что вентиляционный штрек проводился под выработанным пространством пластов  $l_8^1, m_3$ , и в целике по пласту  $n_1$ , затем он пересекал участок угольного массива под целиком, оставленным на пласте  $l_8^1$ . Конвейерный штрек находится под охранным целиком магистральных выработок пластов  $l_8^1, m_3$ , и под выработанным пространством пласта  $n_1$ , характеризующимся наличием целиков оставленных по пласту вследствие прекращения работ выемочных участков.

При проведении 1 западного конвейерного штрека были установлены различные газодинамические явления (отжим, выдавливание, внезапный выброс угля). Анализируя сложившуюся ситуацию с точки зрения наложения целиков от смежных пластов, можно проследить влияние целиков на пласте  $n_1$  на газодинамические явления, проявляющиеся при

проведении выработки. Об этом свидетельствует ухудшение условий ведения работ, описанные выше аномальные зоны, а также увеличение деформаций выработки в местах расположения выработки под целиками, оставленными на пласте  $n_1$ .

Результаты выполненных построений показали, что техногенноопасные зоны, обусловленные оставлением угольных целиков или краевых частей, могут формироваться при значительно больших расстояниях между разрабатываемыми пластами, чем те, которые регламентируются действующими отраслевыми нормативными инструкциями.

Таким образом, предложенные методики позволяют заранее до начала отработки выемочных полей спрогнозировать наличие выбросоопасных зон с учетом возможного влияния целиков и основных показателей выбросоопасности, определить возможные мероприятия по дегазации пласта, а при отработке лав применять мероприятия препятствующие возникновению выбросоопасных ситуаций.

### **Библиографический список**

**Николин В.И** и др. Прогнозирование выбросоопасности песчаников. - Уголь Украины, 1966, 5.

**Эттингер И.Л.** Свойства углей, влияющих на безопасность труда в шахтах. М.: Госгортехиздат, 1961. - 96с.

**Забигаило В.Е., Лукинов В.В., Широков А.З.** Выбросоопасность горных пород Донбасса. - Киев: Наукова думка, 1983. - 285с.

**Пилюгин В.И, Ефремов И.А., Гавриш Н.Н., Кочин А.Е., Жмилюк М.Б.** Особенности формирования техногенно опасных зон в горном массиве / Известия Донецкого горного института, 2004, — №1. — С.142-148

Производственные процессы в очистных забоях угольных шахт: Учебное пособие для вузов / И.Ф.Ярембаш, В.Д.Мороз, И.С.Костюк, В.И.Пилюгин. Под общ. ред.

**И.Ф.Ярембаша.**—Донецк: РИА ДонГТУ, 1999.—184с.

© Гавриш Н.Н., Макаров С.В., 2007

**УДК 622.831**

### **ГАВРИШ Н.Н., ЧЕПУРЕНКО П.В. (ДОННТУ) ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗОН ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ КРОВЛЕЙ В ЛАВАХ ПЛАСТА $h_8$ ШАХТЫ ИМ. М.В. ФРУНЗЕ**

*В результате анализа горно-геологических условий установлены зоны, где возможно ведение горных работ по разупрочнению кровли пласта. Указана методика принятия решения о проведении этих работ.*

Угольные месторождения относятся к категории пластовых, для которых необходимо геомеханическое обоснование эффективных и безопасных способов разработки на основе изучения и управления физическими процессами, протекающими в недрах при различных технологических схемах выемки полезных ископаемых.

Совершенствование технологии разработки пластовых месторождений базируется на комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, создании и применении новых типов очистных и проходческих механизированных комплексов, новых систем разработки. При повышении рентабельности и экономической эффективности угольных шахт значительное внимание отводится концентрации горных работ, повышению нагрузки на очистные забои, уменьшению протяженности подерживаемых горных выработок. Однако обеспечение высокой технологичности и безопасности всех процессов подземной разработки пластовых месторождений возможно лишь на базе изучения и управления состоянием массива горных пород в зонах влияния горных выработок и ведения горных работ. Проблемы выбора и обоснования эффективных способов управления состоянием массива горных пород при подзем-

ной разработке пластовых месторождений относятся к одним из наиболее сложных и ответственных, поскольку должны обеспечить безопасную и эффективную выемку полезных ископаемых.

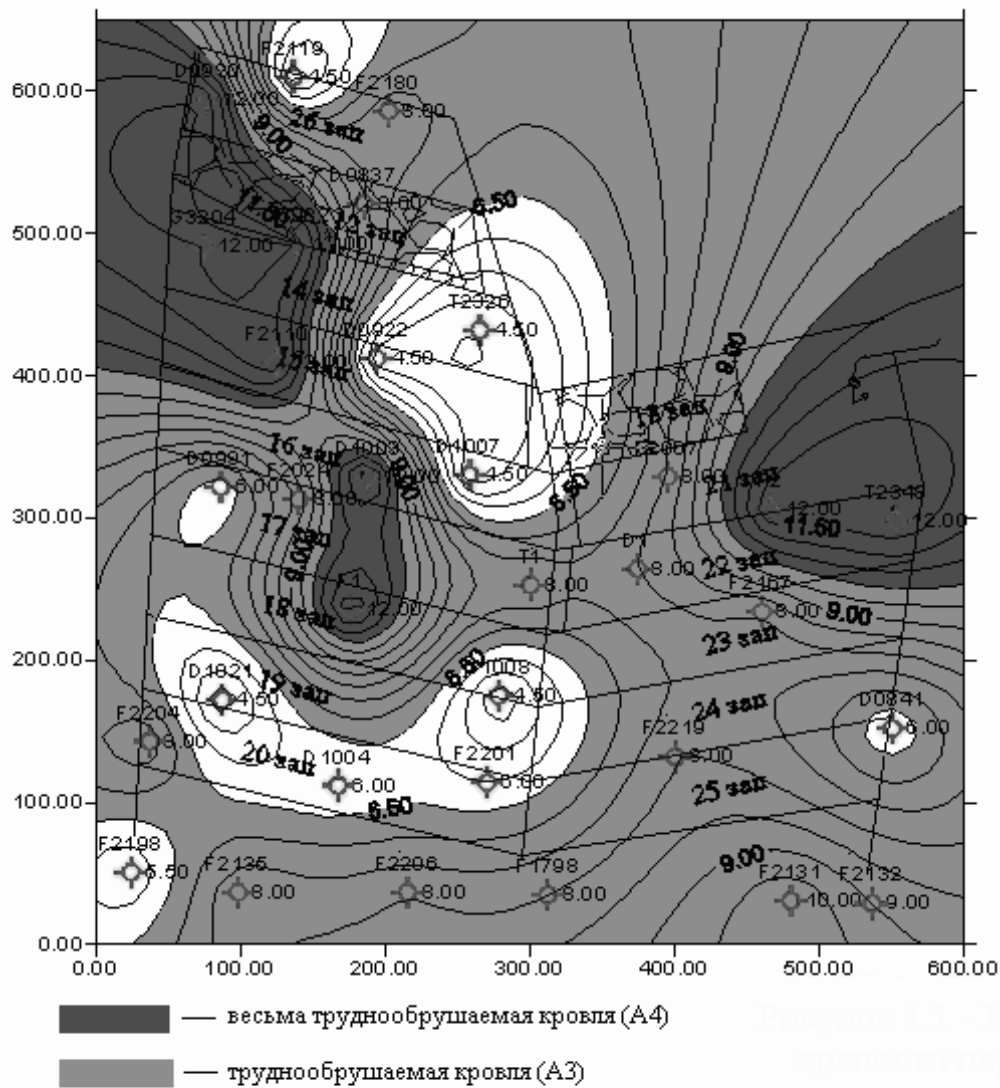
Управление состоянием массива горных пород при отработке угольных пластов довольно часто осложняется наличием в кровле труднообрушаемых пород, которые способны создавать зависание значительных консолей влекущих за собой рост горного давления на породы призабойной части, что приводит к растрескиванию нижележащих пород. Трещиноватость пород непосредственной кровли в свою очередь угрожает вывалами в призабойную часть лав.

При обрушении больших консолей существует опасность посадки механизированной крепи “на жесткую” с выводом крепи из строя.

При невозможности обеспечения работоспособности механизированной крепи или для снижения ее металлоемкости и облегчения управления ею следует осуществлять мероприятия по приведению труднообрушаемых кровель в управляемое состояние. Это может быть осуществлено разупрочнением кровли (подработка пласта, увлажнение основной кровли через глубокие скважины, гидромикроторпедирование, передовое торпедирование, взрывогидродинамическая обработка) или частичной или полной закладкой выработанного пространства.

Для решения проблемы влияния труднообрушаемой кровли на ведение очистных работ и обеспечения безопасности труда, недостаточно одного только применения выше перечисленных мероприятий, поскольку необходимо выделять конкретные зоны, требующие проведения запланированных мероприятий.

Теоретически определить зоны, требующие осуществления мероприятий по приведению труднообрушаемых кровель в управляемое состояние, возможно путём проведения горно-геологического анализа. В ходе анализа по данным разведочных скважин при помощи программы “Surfer” были построены карты изолиний крепости пород вмещающих угольный пласт. По значениям средневзвешенной крепости пород кровли пласта были определены категории пород по обрушаемости, после чего на карте изолиний выделяются зоны, соответствующие залеганию труднообрушаемых пород. После этого этапа карты изолиний были совмещены с планом горных работ, что позволило определить расположение зон с труднообрушаемой кровлей относительно лав. Такая карта, с выделенными зонами залегания пород категорий А<sub>3</sub> и А<sub>4</sub>, с наложенным планом горных работ представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Прогнозируемые зоны труднообрушаемой кровли на пласте  $h_8$

Проведение данного прогноза не позволяет определить непосредственно момент, в который необходимо начинать проведения запланированных мероприятий, а лишь определяет возможные зоны осуществления мероприятий.

Для выявления момента начала проявлений горного давления используется методика оперативного прогноза проявления горного давления в очистных забоях.

Проведение прогноза необходимо начинать при подходе лавы к зоне влияния на расстояние, равное шагу осадки основной кровли, но не менее 20 м, и осуществлять через (R-1) м подвигания лавы (R – ширина поддерживаемого призабойного пространства), но не реже одного раза в сутки. Средние значения коэффициентов  $K_b$  – коэффициент вывалообразования,  $K_y$  – коэффициент уступообразования и  $K_m$  – коэффициент трещинообразования до входа очистного забоя в зону влияния являются контрольными.

При дальнейших наблюдениях, если хотя бы один из коэффициентов возрастает в 1,5 раза относительно его контрольного значения на любом из участков наблюдения, то принимается решение об осуществлении запланированных мероприятий. Например, в 19 западной лаве прогнозирование следует начинать при отходе лавы от разрезной печи на расстоянии 298 м перед входом в зону труднообрушаемой кровли.

Таким образом, предложенная методика позволяет заранее до начала отработки выемочных полей определить возможные мероприятия по управлению кровлей, подготовить не-

обходимую технику, а при отработке лав применять мероприятия только в необходимых зонах, тем самым, экономя эксплуатационные затраты.

#### *Библиографический список*

Проскуряков Н.М. Управление состоянием массива горных пород: -М.: Недра, 1991. - 368с.

Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35<sup>0</sup>. - К.: Минтопэнерго Украины, 2002.- 141 с.

© Гавриш Н.Н., Чепуренко П.В., 2007

## **БЕЗОПАСНОСТЬ**

УДК 622.807./622.003.5

### **СОФИЙСКИЙ К.К., ЧЕРЕДНИКОВ В.В. (ИГТМ НАНУ, Г. ДНЕПРОПЕТРОВСК) ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГАЗОНАСЫЩЕННЫЙ ПОРОДНЫЙ МАССИВ В УСЛОВИЯХ ш. им. А.Ф. ЗАСЯДЬКО**

*Рассматривается линеаризованная математическая модель процесса гидродинамического воздействия на газонасыщенный трещиновато-пористый породный массив, приводится теоретическое обоснование и строится алгоритм управления процессом.*

Теоретические исследования имеют целью, во-первых, установление закономерностей протекания процесса с точки зрения механики насыщенной пористой среды, а, во-вторых, разработку аналитических зависимостей для расчета параметров технологии, и построение на этой основе алгоритма управления процессом. Учитывая сложный характер процесса, разработка современных методов расчета параметров возможна на основе теоретических и физических положений о движении жидкости в пористых массивах с применением методов вычислительной математики и средств вычислительной техники. При этом основным в исследованиях становится метод математического моделирования.

Эффективность применения метода определяется корректностью и степенью адекватности математической модели.

Исходные физические предпосылки к построению модели.

- 1) Воздействие осуществляется путем создания высокого давления в ограниченном пространстве, в котором концентрируются жидкость и воздух.
- 2) Целью воздействия является активизация газовыделения из обрабатываемого массива как средства дегазации.
- 3) Во время воздействия происходят механические процессы, в той или иной степени изменяющие состояние массива.
- 4) По окончании собственно воздействия происходят процессы, обусловленные снятием (сбросом) давления, что вызывает ряд остаточных явлений, учет которых обязателен.

В работах [1,2] рассматривается математическая модель, учитывающая весь комплекс явлений, происходящих при гидродинамическом воздействии.

Как следует из вида уравнений движения и неразрывности для жидкости [1,2], в них входят скорости движения жидкости и смещений твердых частиц:

$$\frac{\partial P}{\partial x_i} = -\frac{\mu}{k} n_{\Sigma} (w_i - u_i); \quad (1)$$

$$\frac{\partial n_{\varepsilon}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} n_{\varepsilon} w_i = 0. \quad (2)$$

В цементированных средах деформации переупаковки твердых частиц по величине близки к деформациям изменения объема частиц, при этом можно пренебречь скоростью перемещения твердых частиц по сравнению со скоростью жидкости всюду, кроме уравнений неразрывности. Исследуя эти уравнения и рассматривая фильтрацию капельной жидкости с относительно небольшим (до  $10^3$  ат) перепадом давлений, авторы [1,2] получили уравнение нелинейно-упругого режима фильтрации:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \chi \frac{\partial}{\partial x_i} \left\{ [1 + \alpha(P - P_0)] \frac{\partial P}{\partial x_i} \right\}, \quad (3)$$

где  $\chi = \frac{k_0}{\mu_0 (n_{\varepsilon_0} a_p + a_m)}$  - коэффициент пьезопроводности;

$$\alpha = a_k + a_p - a_{\mu},$$

$a_k, a_n, a_{\mu}, a_p$  - соответственно коэффициенты изменения проницаемости, пористости, вязкости и плотности.

Такого же типа уравнения получаются для фильтрации газа.

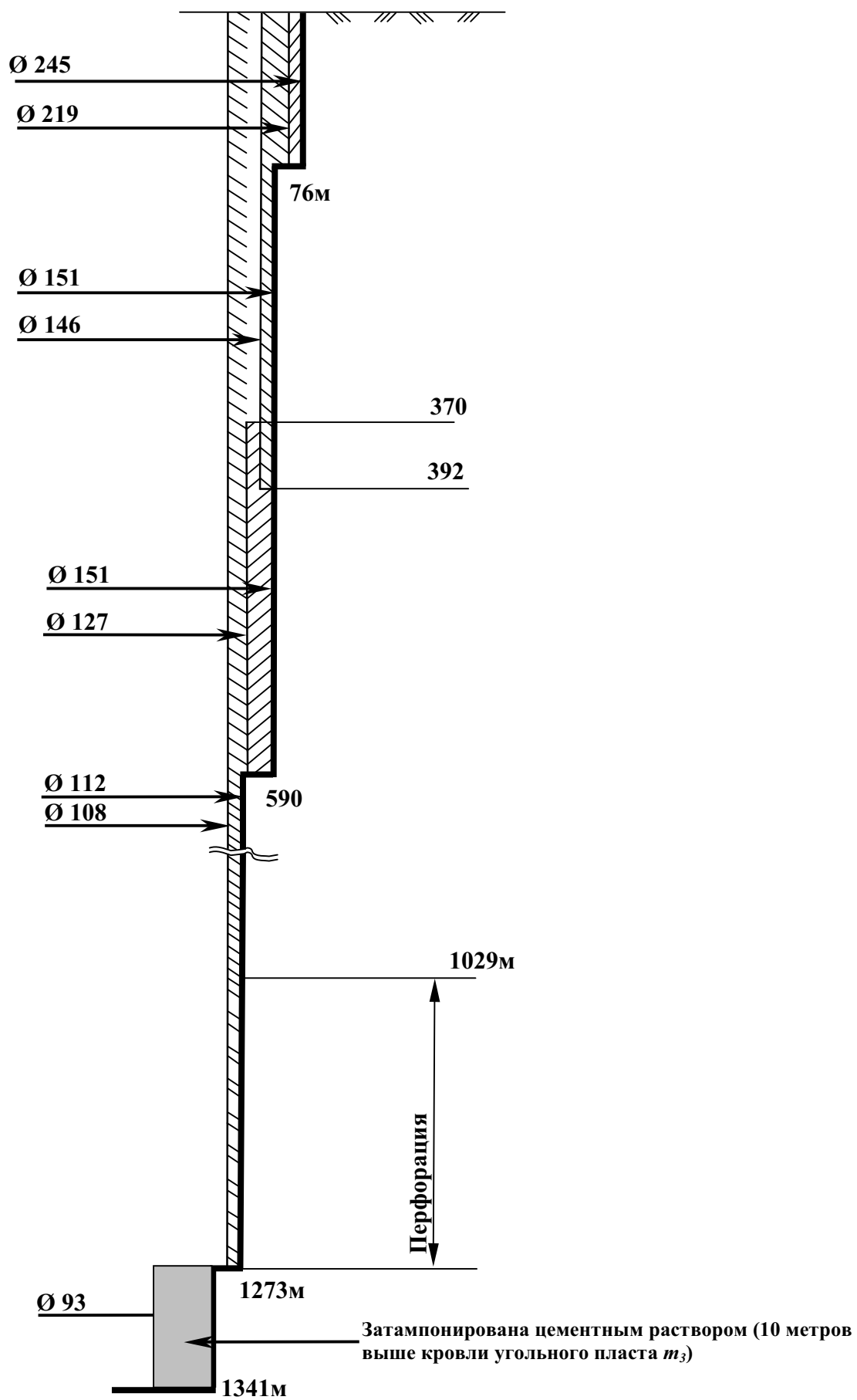
Если рассматривать процесс гидрорасчленения, то, возможно, придется принимать во внимание и скорость переупаковки твердых частиц – этот вопрос нуждается в исследовании. Ввиду сложности и недостаточной изученности процесса гидрорасчленения построение полной достоверной математической модели его затруднено. В работе [2] сделана попытка исследования воздействия на угольный пласт как на сильно цементированную пористую среду через скважины, пробуренные с поверхности, используя математическую модель, основанную на уравнении (3).

Полная математическая модель процесса должна содержать комплекс математических зависимостей, на основе которых можно представить ход процесса и рассчитать его параметры. В данной работе для получения математической модели процесса гидродинамического воздействия уравнение (3) должно быть адаптировано с точки зрения конкретной технологии и целей воздействия, а также дополнено начальными и граничными условиями, которые, в свою очередь, определяются технологическими схемами и режимами обработки. Значит, постановка задачи исследования и расчета параметров процесса формируется в соответствии с конкретной технологической схемой.

В соответствии с исходными физическими предпосылками, теоретически можно рассматривать 2 варианта:

- проникновение жидкости вглубь массива;
- движение жидкости из глубины к поверхности после сброса давления.

В первом случае характерным является факт, что под воздействием высокого давления жидкость проникает в газонасыщенный породный массив, производя при этом «раскрытие» микротрещин и пор, в результате чего увеличивается проницаемость и активизируется процесс истечения газа. Математически это отражается в уравнении (3) с обязательным учетом изменения проницаемости, пористости, вязкости. Однако при этом необходимо исследовать комплекс свойств массива (механических, упругих и т.д.), знать коэффициенты изменения фильтрационных параметров, законы «раскрытия» микротрещин и пор, словом, необходимо провести серьезные объемы дополнительных исследований, которые могут составить предмет отдельной работы. Поэтому в рамках данной работы ограничимся исследованием второго случая, тем более, что такие показатели как скорость движения жидкости к поверхности и объемы жидкости, истекающей из скважины, имеют важное значение для определения технологических параметров.



**Рис. 1.** Технологическая схема гидродинамического воздействия в условиях ш. им. А.Ф. Засядько .



Задача ставится следующим образом.

На расстоянии  $L$  от поверхности находится определенная масса жидкости, находящейся под давлением  $P_c$ , и в момент времени  $t=0$  производится сброс давления, что вызывает движение жидкости к поверхности, где давление принимается равным 0.

Согласно рекомендации [2], введем безразмерные (нормированные) переменные, что позволяет перейти к уравнениям с безразмерными величинами.

Исходя из начальных условий, можно рассчитать распределение давления в любой момент времени. Критерием окончания может служить момент достижения фронтом фильтрации границы отрезка  $0L$ .

В рамках данной работы представляет интерес разработка методик инженерного расчета, позволяющих ориентировочно определить некоторые параметры. В частности, интерес представляет такая величина, как время (или последовательность) сброса давления с целью обеспечения такого завершения процесса, при котором минимизируется влияние на окружающую среду.

Для этого предлагается [2] решить задачу для единичных величин всех характеристик.

Давление жидкости к началу процедуры сброса:

$$P_c = P_{\max}.$$

Размерности входящих в уравнение величин должны быть, разумеется, согласованы. В данном случае:

$$[p] = 1 \text{ ат} = 1 \text{ кг/см}^2; [t] = 1 \text{ сек}; [k] = 1 \text{ мд} = 10^{-11} \text{ см}^2; [x] = 1 \text{ м} = 100 \text{ см};$$

$$[\mu] = 1 \text{ спз} = \frac{10^{-7} \text{ кгс} \cdot \text{сек}}{\text{г см}^2}; [n_{\text{Э}}] = 1\%;$$

Вводим безразмерные величины, причем нормируем так, чтобы все они были не более 1 (таким путем мы перейдем к «единичным» величинам).

$$p^* = \frac{p}{P_c}; \quad k^* = \frac{k}{k_0}; \quad \mu^* = \frac{\mu}{\mu_0}; \quad n_{\text{Э}}^* = \frac{n_{\text{Э}}}{n_{\text{Э}0}}; \quad x^* = \frac{x}{L},$$

$$t^* = \frac{t}{t_0}, \quad t_0 = \frac{L^2 \mu_0 n_{\text{Э}0}}{k_0 P_c}; \quad q^* = \frac{q}{q_0}, \quad q_0 = \frac{k_0 P_c}{\mu_0 L C}.$$

Время фильтрации определяется из следующих соображений. Процесс должен быть прекращен, когда жидкость достигнет устья скважины и появится возможность ее выхода на поверхность. Приняв  $L$ , можно рассчитать нормирующую величину по времени  $t_0$ :

$$t_0 = \frac{\mu_0 n_{\text{Э}0} L^2}{k_0 P_c} \tag{4}$$

Граница фильтрующей жидкости достигает точки  $x^* = 1 (x = L)$  за 50 шагов по времени. Шаг выбран:

$$\text{по пространству } \Delta x^* = 0,1; \quad \text{по времени } \Delta t^* = \frac{1}{6} \cdot 10^{-2}.$$

Учитывая размерности величин, получаем

$$T = \frac{10^3}{432} \cdot \frac{\mu_0 n_{\text{Э}0} L^2}{k_0 P_c}, \text{ час} \tag{5}$$

Используя приведенные теоретические результаты, будем рассматривать методику инженерного расчета для определения времени или процедуры сброса давления.

Примем следующие предположения, упрощающие задачу.

Будем считать, что входящие в (5) коэффициенты постоянны:

$$\mu = const = \mu_0 = 1 \text{ спз};$$

$$n_{\text{э}} = const = n_{\text{э}0} = 50\%;$$

$$k = const = k_0.$$

Значение  $k$  оказывает основное влияние на время  $T$  достижения фронтом жидкости устья скважины.

Для его определения в конкретных условиях можно решить обратную задачу: по фактическим данным о времени сброса определить среднее значение  $k$ :

$$k = \frac{10^3}{432} \cdot \frac{\mu_0 n_{\text{э}0} L^2}{TP_c}.$$

В таблице 1 приведены результаты, полученные в условиях шахты им. Засядько.

Таблица 1.

Данные о времени сброса давления.

Дата	Глубина, м	Давление $P_c$ , ат	Время, час	$k$ , мд
06.05.06	1100	29	0,16	$175 \cdot 10^5$
08.05.06	1100	44,5	0,21	$133 \cdot 10^5$
18.05.06	1100	45,5	0,20	$140 \cdot 10^5$
19.05.06	1100	50	0,3	$93 \cdot 10^5$

Время сброса должно быть рассчитано так, чтобы в любой момент достижения фронтом жидкости устья скважины давление было равным 0 по всей длине отрезка  $OL$ .

Примем ориентировочно  $k = 150 \cdot 10^5$  мд,  $P_c = 50$  ат,  $L = 1000$  м, тогда ориентировочное время движения фронта жидкости до устья:

$$T = \frac{10^3}{432} \cdot \frac{10^6 \cdot 50}{150 \cdot 10^5 \cdot 50} \approx 0,15 \text{ час} \approx 10 \text{ мин.}$$

За это время давление достигнет значения

$$P = 50e^{-0,15\delta}, \text{ ат};$$

приняв  $\delta=1$ , получим:

$$P_1 \approx 42 \text{ ат};$$

$$\text{тогда } T_1 = \frac{10^3}{432} \cdot \frac{10^6 \cdot 50}{150 \cdot 10^5 \cdot 42} \approx 0,18 \text{ час} \approx 11 \text{ мин.}$$

$$P_2 = 42e^{-0,18} \approx 32 \text{ ат};$$

$$T_2 = \frac{10^3}{432} \cdot \frac{10^6 \cdot 50}{150 \cdot 10^5 \cdot 32} \approx 0,25 \text{ час} \approx 15 \text{ мин.}$$

$$P_3 = 32e^{-0,25} \approx 25 \text{ ат};$$

$$T_3 = \frac{10^3}{432} \cdot \frac{10^6 \cdot 50}{150 \cdot 10^5 \cdot 25} \approx 0,3 \text{ час} \approx 18 \text{ мин.}$$

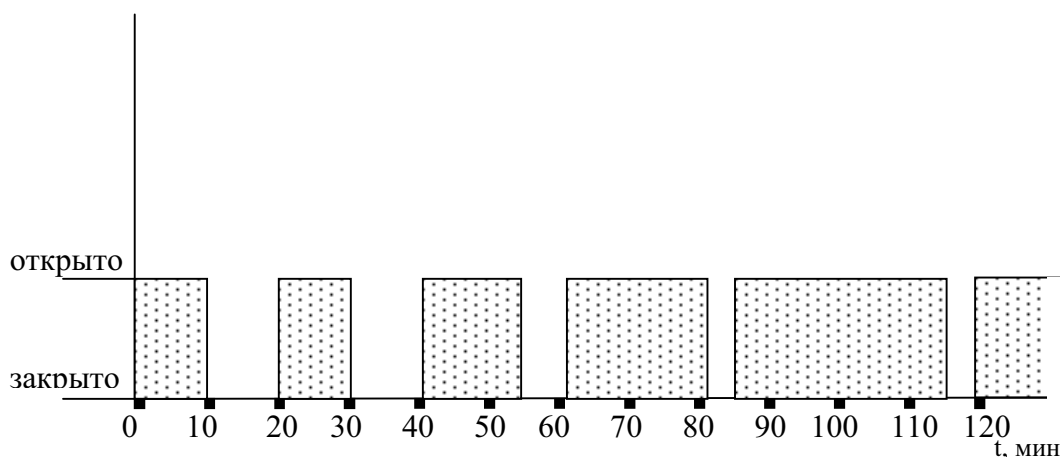
$$P_4 = 25e^{-0,3} \approx 16 \text{ ат};$$

$$T_4 = \frac{10^3}{432} \cdot \frac{10^6 \cdot 50}{150 \cdot 10^5 \cdot 16} \approx 0,5 \text{ час} \approx 30 \text{ мин.}$$

$$P_5 = 16e^{-0,5} \approx 9 \text{ ат;}$$

$$T_5 = \frac{10^3}{432} \cdot \frac{10^6 \cdot 50}{150 \cdot 10^5 \cdot 9} \approx 0,75 \text{ час} \approx 45 \text{ мин.}$$

Полученный ряд определяет алгоритм сброса давления, который можно представить графически:



**Рис. 2.** Алгоритм сброса давления.

Если управлять сбросом в таком режиме неудобно по тем или иным причинам, его можно производить плавным снижением давления в течение времени

$$T_c = \sum T_i = 120 \text{ мин} = 2 \text{ час.}$$

Таким образом, на основании теоретических представлений о процессе гидродинамического воздействия получены практические рекомендации по выбору технологических параметров и разработан алгоритм управления процессом гидродинамического процесса.

#### Библиографический список

1. Механика насыщенных пористых сред./ В.Н. Николаевский, К.С. Басниев, А.Т. Горбунов, Г.А. Зотов. - М. : Недра, 1970.-336с.
2. Павлыш В.Н. Развитие теории и совершенствование технологии процессов воздействия на угольные пласты (монография). – Донецк: РВА ДонНТУ, 2005.-347с.ISBN966-7745-29-5.

© Софийский К.К., Чередников В.В., 2007

**ПОЛЕВАЯ А.В., АССИСТЕНТ  
ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЯ ШАХТ НА ОСНОВЕ  
ДЕПРЕССИОННОЙ СЪЁМКИ**

*В данной статье представлен результат анализа состояния проветривания на шахте А.Ф. Засядько. Предложены мероприятия по усовершенствованию проветривания данной шахты.*

Ведение горных работ на глубоких горизонтах (800-1500 м) связано с усложнением горно-геологических условий разработки угольных пластов, увеличением газообильности, температуры вмещающих пород, запыленности рудничной атмосферы. Это значительно увеличивает степень трудности проветривания шахты.

От принятой величины общешахтной депрессии при заданном расходе воздуха зависят поперечные сечения горных выработок, и следовательно, аэродинамические параметры сети, а также в значительной мере зависит, как показывает анализ, объем горнопроходческих работ, капитальные и эксплуатационные расходы, аэродинамические сопротивления как отдельных выработок, так и сети в целом, ее разветвленность и осложненность диагоналями, распределение депрессии по сети и величина утечек воздуха, скорость движения воздуха по выработкам, его температура и запыленность.

Увеличение депрессии до  $h_{\max} = 10,0$  кПа всегда положительно влияет на: экономичность разработки, реверсируемость струй, температурный режим в выработках и регулируемость воздушных потоков. Рост депрессии незначительно влияет на изменение обеспеченности объектов проветривания воздухом при локальных изменениях в сети. Колебания как в одну, так и в другую сторону не превышают 10-15%, что не оказывает заметного практического влияния на газовый режим и поэтому может не учитываться при выборе величины общешахтной депрессии.

Отрицательное влияние увеличения общешахтной депрессии проявляется в следующем:

- возрастают внутренние утечки и внешние подсосы воздуха ;
- увеличивается запыленность воздуха за счёт роста скорости его движения по выработкам;
- снижается в ряде случаев устойчивость струй в диагоналях;
- возрастают требуемые усилия при открывании вентиляционных дверей за счёт увеличения перепадов давления через сооружения.

Параметры, в то или иной мере с увеличением общешахтной депрессии ухудшаются, могут быть стабилизированы путём дополнительных технических мероприятий.

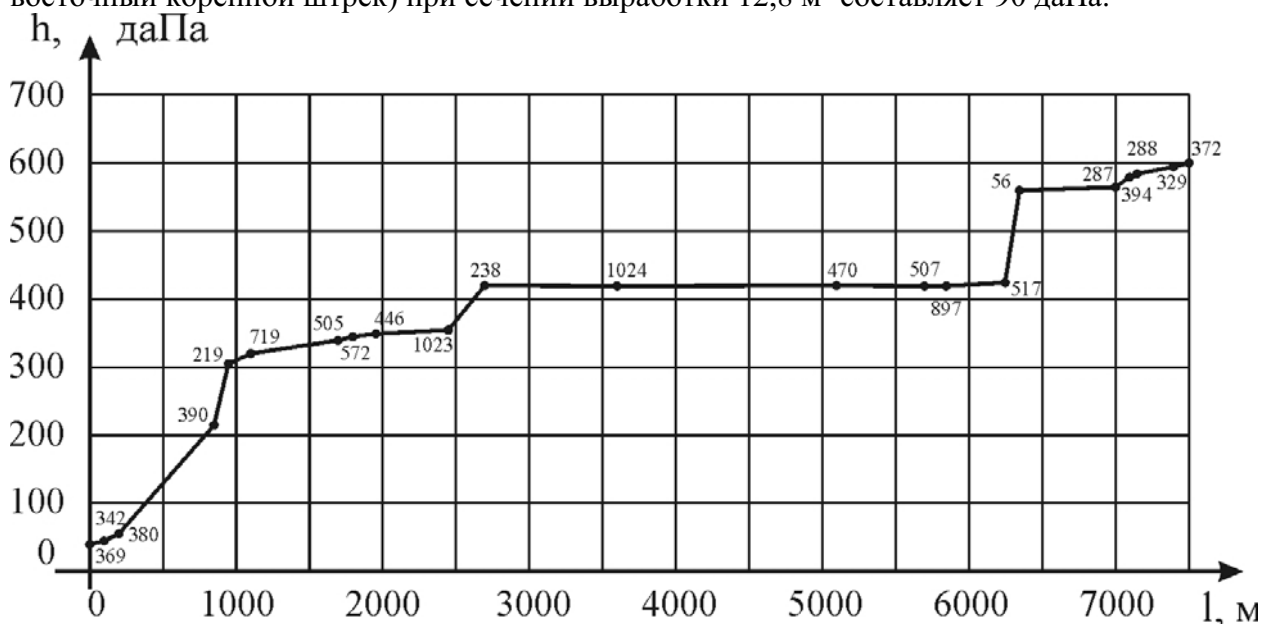
В целях повышения герметичности надшахтных зданий для снижения подсосов воздуха применяют менее воздухопроницаемые элементы конструкции, выбору их материалов, технологии приготовления и производства работ при возведении и ремонте герметических вентиляционных сооружений на поверхности шахт. Разрабатываемые мероприятия по пылеподавлению должны исключать возможность увеличения запыленности воздуха за счёт увеличения скорости его движения. Снижение перепада давления через вентиляционные двери для получения небольших усилий при их открывании достигается простыми традиционными средствами, а при механизации или автоматизации проблемы вообще не существует.

Таким образом, большинство параметров, ухудшаются при увеличении общешахтной депрессии.

Шахта им. А.Ф. Засядько относится к труднопроветриваемым, так как удельная мощность, затрачиваемая на подачу  $1 \text{ м}^3/\text{с}$  полезно используемого воздуха  $n_{\text{уд}} = 6,3 \text{ кВт}/\text{м}^3$ , что

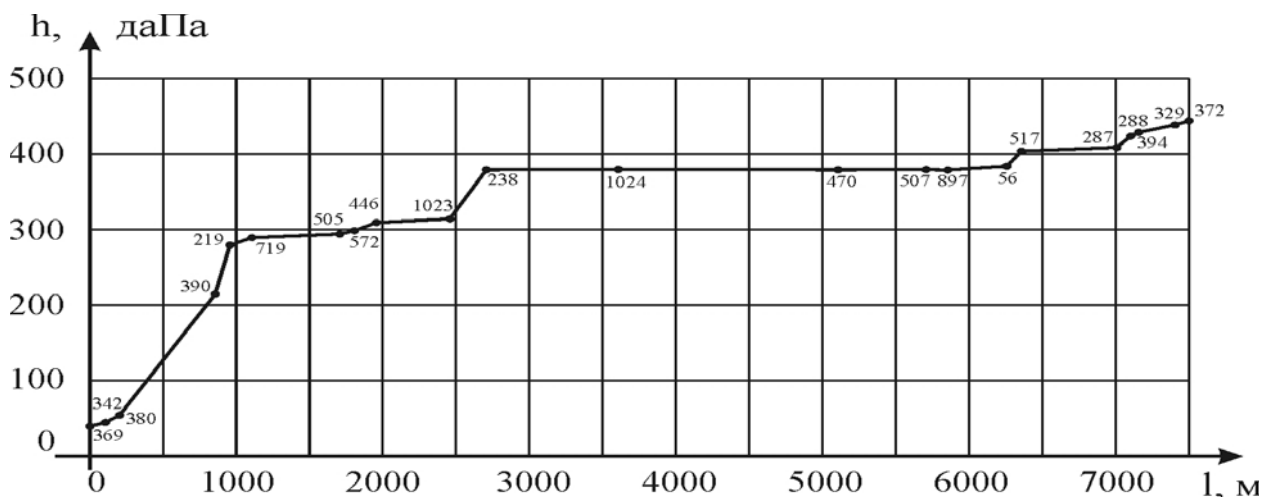
превышает нормы ( $n_{уд} > 5 \text{ кВт/м}^3$ ) [1]. Это может привести к нарушению нормальной деятельности нервной системы человека, увеличению вероятности травматизма и аварий.

Поэтому в соответствии с действующими ПБ [1] один раз в три года производится депрессионная съёмка, результаты которой используются при расчётах вентиляции в нормальных и аварийных условиях, позволяющие установить так называемые «узкие» места выработок, изучить картину распределения перепадов давления, расходов воздуха, аэродинамические сопротивления этих выработок. Для того чтобы определить «узкие» места выбираются определенные маршруты, по которым затем строятся депрессиограммы. На данной шахте были заданы маршруты, один из которых проходил через 2 западную лаву пл. I<sub>4</sub>. Депрессиограмма изображена на рисунке 1, из которого видно большое увеличение депрессии на отдельных участках. Например, на вентиляционном квершлага пласта I<sub>4</sub>, обозначенный участком 517-56, при длине маршрута (l, м), депрессия достигает 150 даПа, при сечении выработки 11 м<sup>2</sup>, а на участке 390-219 (ЦОШ пласта k<sub>8</sub> западного заезда на 4 восточный коренной штрек) при сечении выработки 12,8 м<sup>2</sup> составляет 90 даПа.



**Рисунок 1** Депрессиограмма по маршруту 2 западной лавы пл. I<sub>4</sub>

Одним из способов снижения депрессии до допустимой величины является проведение выработок увеличенного сечения по сравнению с минимальными значениями сечений по условиям транспорта и Правилам безопасности. Исходя из чего, была построена новая депрессиограмма, изменения которой изображены на рисунке 2.



**Рисунок 2** Депрессиограмма по маршруту 2 западной лавы пл. I<sub>4</sub>

Заметно, что по маршруту через 2 западную лаву пл.14 общая депрессия снизилась с 600 даПа до 450 даПа.

Данный метод расчёта оптимальных аэродинамических параметров шахтной вентиляционной сети позволяет определить выработки, увеличение сечений которых обеспечит снижение общешахтной депрессии.

#### Библиографический список

1. Правила безопасности в угольных шахтах.-К.,1996.-422 с.
2. Патрушев М.А. и др. Совершенствование проветривания угольных шахт. Донецк. «Донбасс», 1976 – 126 с.
3. Отчёт по депрессионной съёмке шахты им. А.Ф.Засядько. – Донецк, 56 с. УДК 622.4

© Полевая А.В, 2007

### **ТРОФИМОВ В.О., БУЛГАКОВ Ю.Ф., ХАРЬКОВОЙ М.В., К.О.ГАЛАЙКО АЕРОДИНАМІЧНА СТРУКТУРА ГІРНИЧИХ ВИРОБОК У ВЕНТИЛЯЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ**

*Визначення аеродинамічної структури гірничих виробок пов'язано з необхідністю представлення системи вентиляції підземної споруди у вигляді вентиляційної мережі. При цьому необхідно ототожнювати поняття «гірничих виробок» з поняттям «гілка вентиляційної мережі». Така ідентифікація дозволяє узагальнити методичні засади вимірів та розрахунків аеродинамічних характеристик гірничих виробок у вентиляційній мережі.*

В загальному випадку, поняття вентиляційної системи і вентиляційної мережі шахти не зовсім співпадають. Вентиляційна система (без урахування обладнання та вентиляційних споруд, яке знаходиться у виробках) складається з каналів-виробок і сполук між каналами. Вентиляційна мережа – це уявлення про вентиляційну систему як сукупність усіх шляхів руху повітря в шахті (в тому числі і витіків повітря з вентиляційних трубопроводів). Ці шляхи на схемах вентиляційних з'єднань показують у вигляді гілок, а сполуки – як вузли.

Для характеристики гірничої виробки як частини вентиляційної системи використовуються такі терміни: початок, кінець, довжина (L), поперечний переріз (S), висота і ширина (a,b), вугол похилу, депресія (h), виток повітря (Q), аеродинамічний опір (R), напрямки руху повітря. „Гілка” як елемент вентиляційної мережі має, окрім аеродинамічних характеристик (h, Q, R), свій окремий порядковий номер та номери початкового і кінцевого вузлів. Геометричних характеристик для „гілки” не існує, тому що це символ виробки чи її математичний аналог.

Різниця між поняттями «гірничих виробок» і «гілка» має декілька аспектів. Перший полягає в тому, що «виробка» може складатися з декількох частин, які об'єднані загальною назвою, а «гілкою» може бути тільки шлях руху повітря між двома найближчими сполуками (в деяких випадках, декілька виробок можна показати як одну гілку; це можливо тоді, коли виробки складають послідовне з'єднання; наприклад: откаточний шрек, лава, вентиляційний штрек).

Слід також розуміти сенс понять «початок», «кінець» й «довжина» гірничої виробки. В підручниках та нормативних документах ці „деталі” не уточнюються. Складається враження, що ці поняття загальновідомі.

Вивчення особливостей вимірювання довжини гірничих виробок дозволяє зрозуміти, що існують фізичні і уявні кордони гірничих виробок. З точки зору аерології, для визначення аеродинамічного опору виробки, необхідно враховувати уявні, тобто, аеродинамічні кордони. Вони співпадають з тією довжиною виробки яка визначена маркшейдером.

Отже, аеродинамічна довжина виробки - це відстань між точками перетину вісей (осей – рус.) виробок у сполуках (рис.1). Відповідно, фізичні кордони виробок починаються там, де закінчуються закруглення сполук. Наприклад, для виробки 3-2 фізичні кордони лежать між точками 2' - 3' (L<sub>2'-3'</sub>), а аеродинамічна довжина дорівнює L<sub>3-2</sub>.

Розуміння того, що таке аеродинамічна довжина гірничої виробки, дає змогу зрозуміти де треба вимірювати депресію виробок. Точки, між якими вимірюється депресія ( $h_{1-2}$ ,  $h_{1-4}$ ,  $h_{4-3}$ ), співпадають з точками між якими вимірюється довжина гірничих виробок ( $L_{1-2}$ ,  $L_{1-4}$ ,  $L_{4-3}$ ). Тільки при такому вимірюванні статичної депресії виробок можна казати про виконання другого закону мережі. Відповідно до схеми (див.рис.1) сума депресій у вентиляційного контурі 1-2-3-4 дорівнює нулю (для горизонтальних виробок).



Отже, фізична довжина гірничої виробки – це відстань між початковим і кінцевим перерізом чи уявними лініями, на яких лежать ці перерізи (сечення - *рис.*) в місцях де закінчуються закруглення виробок.

Відповідно поняттям фізичної і аеродинамічної довжини визначаються і поняття «початок» і «кінець» гірничої виробки. Вони мають умовний характер і пов'язані з напрямком руху повітря. Після зміни напрямку руху повітря – «початок» і «кінець» міняються місцями. На загал, можна вважати, що початок гірничої виробки – це уявна лінія чи точка, у місці сполучення виробок, де повітря входить у гірничу виробку, а кінець гірничої виробки – уявна лінія чи точка, де повітря виходить із гірничої виробки.

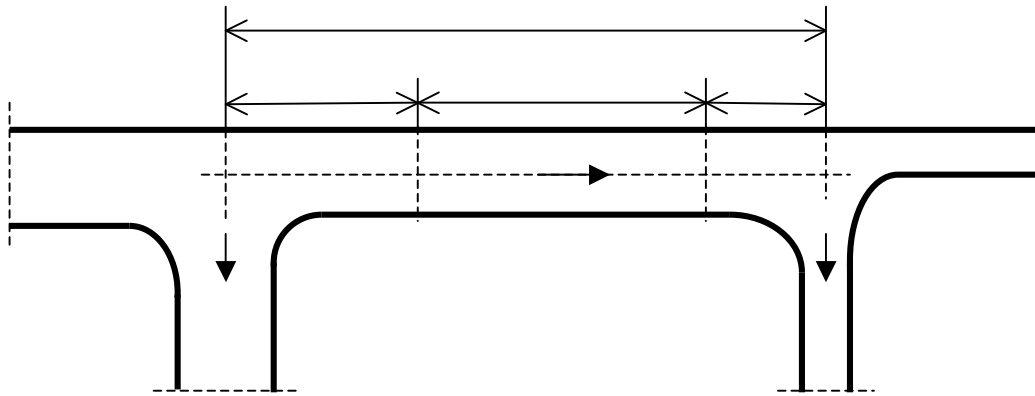
Місце пересікання гірничих виробок чи сполука виробок, не є виробкою як такою. Такої назви немає у переліку типів гірничих виробок. Це частина вентиляційної системи (місце) де виробки поєднуються одна з одною. У той же час, це не просто місце з'єднання виробок (в гідравліці місця де поєднуються три труби називають „трійниками”, а чотири – „хрестовинами”). В аерології сполуки відносять до місцевих опорів, але це має значення тільки під час проектування вентиляції шахти. Втрати депресії на початку чи кінці виробки є частинами її загальної депресії. Тому, вимірювання депресії виробок між центрами пересікання вісей, автоматично знімає питання про місцеві опори в сполуках виробок.

Питання аеродинамічної структури виробки пов'язане також з необхідністю вимірювання швидкості руху повітря для визначення аеродинамічного опору „гілки-виробки” (гілка-виробка – елемент віртуальній моделі шахтної вентиляційної мережі). В загальному вигляді кожен гірничу виробку (1-2) можна поділити на три аеродинамічні зони (рис.2) – «вхід», «лінійна частина» і «вихід» [1].

$$L_{\text{вх}} = 10-12b \quad \begin{matrix} L_a \\ L_{\text{л}} \end{matrix} \quad L_{\text{ви}} = 5b$$

1

2



**Рис.2** Аеродинамічна схема гірничої виробки

«Вхід» ( $L_{вх}$ ) це частина виробки де рух повітря вгамовується після збурення (розділення чи злиття декількох струменів повітря) у місці сполуки виробок. У лінійній частині ( $L_l$ ) відбувається стабілізація вентиляційного струмину, тобто епюра швидкостей набуває сталий вигляд. На «виході» ( $L_{вих}$ ), перед черговим збуренням потоку у місці пересікання чи сполуки виробок, знов відбувається деформація поля швидкостей. За А.Харевим [1] кожна зона має свої межі. «Вхід» сягає до  $10-12b$ , а «вихід» до  $5b$  ( $b$  – ширина виробки).

Визначення загального розміру зон збурення повітря дозволяє поділити виробки на «короткі» і «довгі». До коротких належать такі, які мають мінімальну аеродинамічну довжину  $15b$ . Всі інші – довгі.

Такий поділ має досить умовний характер. Він не враховує того що реальна виробка може мати повороти, зменшення чи підвищення площини поперекового перерізу. В той же час визначення мінімальної довжини виробки дає обґрунтування для того, щоб не робити виміри витoku повітря в виробках які мають довжину менше ніж  $15b$ .

В загальному випадку можна вважати, що статична депресія виробки ( $h_i$ ) складається з депресії трьох зон

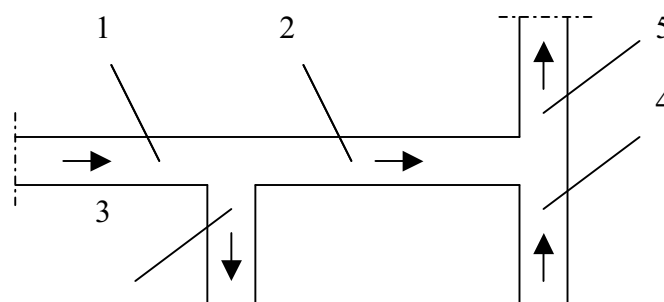
$$h_i = h_{вх} + h_o + h_{вих}, \quad (1)$$

де:  $h_{вх}$ ,  $h_o$ ,  $h_{вих}$  – відповідно, депресії „входу”, „основної” частини виробки і „виходу”.

Аналіз особливостей формування депресії „входу” і „виходу” [1,2] у різних трійниках дозволяє стверджувати, що у деяких випадках ця депресія може мати протилежний знак з депресією „основної” частини виробки. Тоді рівняння (1) набуває такий вигляд

$$h_i = \pm h_{вх} + h_o \pm h_{вих}. \quad (2)$$

В цьому випадку статична депресія виміряна на аеродинамічній довжині виробок ( $h_i$ ) може бути меншою ніж депресія в межах фізичних кордонів виробки ( $h_o$ ). Найбільша різниця можлива в тих випадках (рис. 3), коли якась виробка одночасно є „прямим проходом” в місці поділу вентиляційного струменя (вхід) і „боковою гілкою” в місці злиття декількох струменів повітря (вихід).



**Рис.3** Схема з'єднання гірничих виробок з двома трійниками



У трійнику який складають виробки (1,2,3) виробка (2) є „прямим проходом”, а у трійнику з виробок (2,4,5) ця виробка є „боковою гілкою”. Для виробки (2), у випадку коли виконується відповідна умова співвідношення швидкостей руху повітря ( $V_2 < V_1$  і одночасно  $V_2 < V_4$ ) депресія виміряна в межах фізичних кордонів може бути більшою ніж депресія виміряна між точками перетину вісей виробок в сполуках. В цьому випадку рівняння (2) набуває такий вигляд

$$h_i = -h_{вх} + h_o - h_{ви}, \quad (3)$$

Структура рівняння (3) дозволяє стверджувати, що теоретично існують такі короткі виробки де напрямок руху повітря не відповідає різниці аеростатичного тиску на кінцях виробки.

Перевірку вищенаведеного поділу довжини виробки на „аеродинамічну” і „фізичну” було перевірено в умовах чотирьох вугільних шахт міст Червоноармійськ та Добропілля.

Виміри депресії і витоку повітря проводилися в тих частинах шахт де гірничі роботи не проводилися чи з якихось причин були призупинені. Депресію було виміряно (мікроманометром) в тридцяти чотирьох виробках, які склали дев'ять вентиляційних контурів (по три-чотири виробки в одному контурі).

Експериментальні дослідження підтвердили наявність різниці депресії яка вимірювалася на аеродинамічних і фізичних кордонах виробки. В більшості випадків „фізична” депресія була більше „аеродинамічної” на 5 – 40 Па. По вентиляційних контурах похибка вимірів (різниця між сумарною „фізичною” і „аеродинамічною” депресією) складала від 15 до 65 Па.

## Висновки

Проведені дослідження дозволяють стверджувати наступне:

- кожна гірнича виробка має відповідну аеродинамічну структуру;
  - „аеродинамічною” довжиною виробки (частини виробки) називається відстань між точками перетину вісей виробок у двох найближчих сполуках, а „фізичною” довжиною – відстань між двома перерізами в місцях де починаються закруглення сполук;
  - короткою виробкою слід вважати таку виробку, аеродинамічна довжина якої є меншою ніж  $17b$  ( $b$  – ширина виробки);
  - депресія виробки, яка виміряна в межах „фізичних” кордонів може бути більшою ніж „аеродинамічна” депресія;
- загальний аеродинамічний опір гірничих виробок залежить не тільки від їх довжини, площини перерізу і типу кріплення, але й від співвідношення швидкостей руху повітря і кутів поєднання гірничих виробок в сполуках.

## Библиографический список

1. Харев А.А. Местные сопротивления шахтных вентиляционных сетей. – М.: Углетехиздат, 1954. – 247 с.
2. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление. Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 366 с.

© Трофимов В.О., Булгаков Ю.Ф., Харьковской М.В., Галайко К.О., 2007

**СОФИЙСКИЙ К.К., ЧЕРЕДНИКОВ В.В. (ИГТМ НАНУ, г. Днепропетровск),  
СЕРЕЖНИКОВ С.С. (ДонНТУ, Донецк)  
ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПНЕВМОДИНАМИЧЕСКОГО  
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГАЗОНАСЫЩЕННЫЙ ПОРОДНЫЙ МАССИВ В УСЛОВИЯХ  
ш. им. ЗАСЯДЬКО А.Ф.**

*Рассматривается математическая модель процесса пневмодинамического воздействия на газонасыщенный трещиновато-пористый породный массив и ставится задача контроля технологических параметров.*

Исходные физические предпосылки для теоретического описания процесса.

- 1) Воздействие осуществляется путем нагнетания воздуха в скважину, пробуренную на определенную глубину в породном массиве, содержащем газ метан в связанном состоянии.
- 2) Целью воздействия является активизация газовыделения из массива как средство его дегазации.
- 3) За счет воздействия воздуха, давление в котором доводится до значительных величин, нарушается равновесие в системе «порода-воздух-метан» благодаря изменению сорбционных свойств массива, что и вызывает усиление движения газа к обнаженной поверхности.

В первом приближении будем считать, что скорость метано-воздушной смеси подчиняется закону Дарси:

$$V = -\frac{k}{\mu n_{\text{э}}} \cdot \frac{\partial P}{\partial x}.$$

В основу математической модели авторы [1] предлагают положить уравнение:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{k}{\mu n_{\text{э}}} \cdot \frac{\partial^2 P^2}{\partial x^2}. \quad (1)$$

Для решения задачи уравнение сводится к безразмерным переменным.

Технологическая схема процесса приведена на рис. 1

В отличие от уравнений движения жидкости, данное уравнение не позволяет получить удобные расчетные зависимости, и теоретические исследования необходимо проводить с применением компьютера.

Рассмотрим полную математическую модель процесса пневмодинамического воздействия [2].

Считая, что движение газовой смеси подчиняется закону Дарси, и используя уравнения неразрывности для компонентов потока, запишем уравнения фильтрации газов относительно их концентрации:

$$n_{\text{э}} \frac{\partial C}{\partial t} = \text{div} \left[ \frac{kT}{\mu n_{\text{э}}} C \text{grad}(CR) \right] + q; \quad (2)$$

$$n_{\text{э}} \frac{\partial C_M}{\partial t} = \text{div} \left[ \frac{kT}{\mu n_{\text{э}}} C_M \text{grad}(CR) \right] + q_M; \quad (3)$$

$$n_{\text{э}} \frac{\partial C_o}{\partial t} = \text{div} \left[ \frac{kT}{\mu n_{\text{э}}} C_o \text{grad}(CR) \right] + q_o, \quad (4)$$

где  $C$  – концентрация газа в фильтрационном объёме, г/см<sup>3</sup>;

$T$  – абсолютная температура смеси газов, К°;

$\mu$  – вязкость смеси, н.с/м<sup>2</sup>;

$R$  – газовая постоянная, дж/кг.град;

$W$  – скорость притока газа из пористых блоков в фильтрационный объём, г/см<sup>2</sup>.с;

«M», «O» – индексы, относящиеся соответственно к метану и кислороду; переменная без индексов относится к метано-воздушной смеси.

$$q = -(W_M + W_0); \quad q_M = -W_M; \quad q_0 = -W_0;$$

$$\mu = \frac{\delta_M \mu_M \sqrt{M_M T_{кр.М}} + \delta_0 \mu_0 \sqrt{M_0 T_{кр.0}}}{\delta_M \sqrt{M_M T_{кр.М}} + \delta_0 \sqrt{M_0 T_{кр.0}}} \quad (5)$$

$$R = \frac{R_{УН.}}{\delta_M M_M + \delta_0 M_0} \quad (6)$$

где  $\delta_M, \delta_0$  – объёмные доли метана и воздуха в смеси;

$R_{УН.}$  – универсальная газовая постоянная;

$M_M, M_0$  – молекулярные веса метана и воздуха;

$T_{кр.М}, T_{кр.0}$  – критические температуры метана и воздуха.

Объёмные доли метана и воздуха в смеси можно определить следующим образом:

$$\delta_M = \frac{C_M \rho_{В.Н.У.}}{C_M \rho_{В.Н.У.} + (C - C_M) \rho_{В.Н.У.}} \quad (7)$$

$$\delta_0 = 1 - \delta_M \quad (8)$$

где  $\rho_{В.Н.У.}$  – плотность воздуха при нормальных условиях.

Десорбция и диффузия метана с достаточной для практики точностью описывается уравнением

$$\frac{\partial a_M}{\partial t} = \alpha_M (C_M - C_{М.Р}) \quad (9)$$

где  $a_M$  – концентрация сорбированного метана, г/см<sup>3</sup>;

$\alpha_M$  – кинетический коэффициент скорости процесса, л/с;

$C_{М.Р}$  – концентрация метана, равновесная с  $a_M$ , г/см<sup>3</sup>

Уравнение (9) объединяет десорбцию и диффузию метана в единый процесс, характеристикой скорости которого является коэффициент  $\alpha_M$ , определяемый экспериментально для каждого массива.

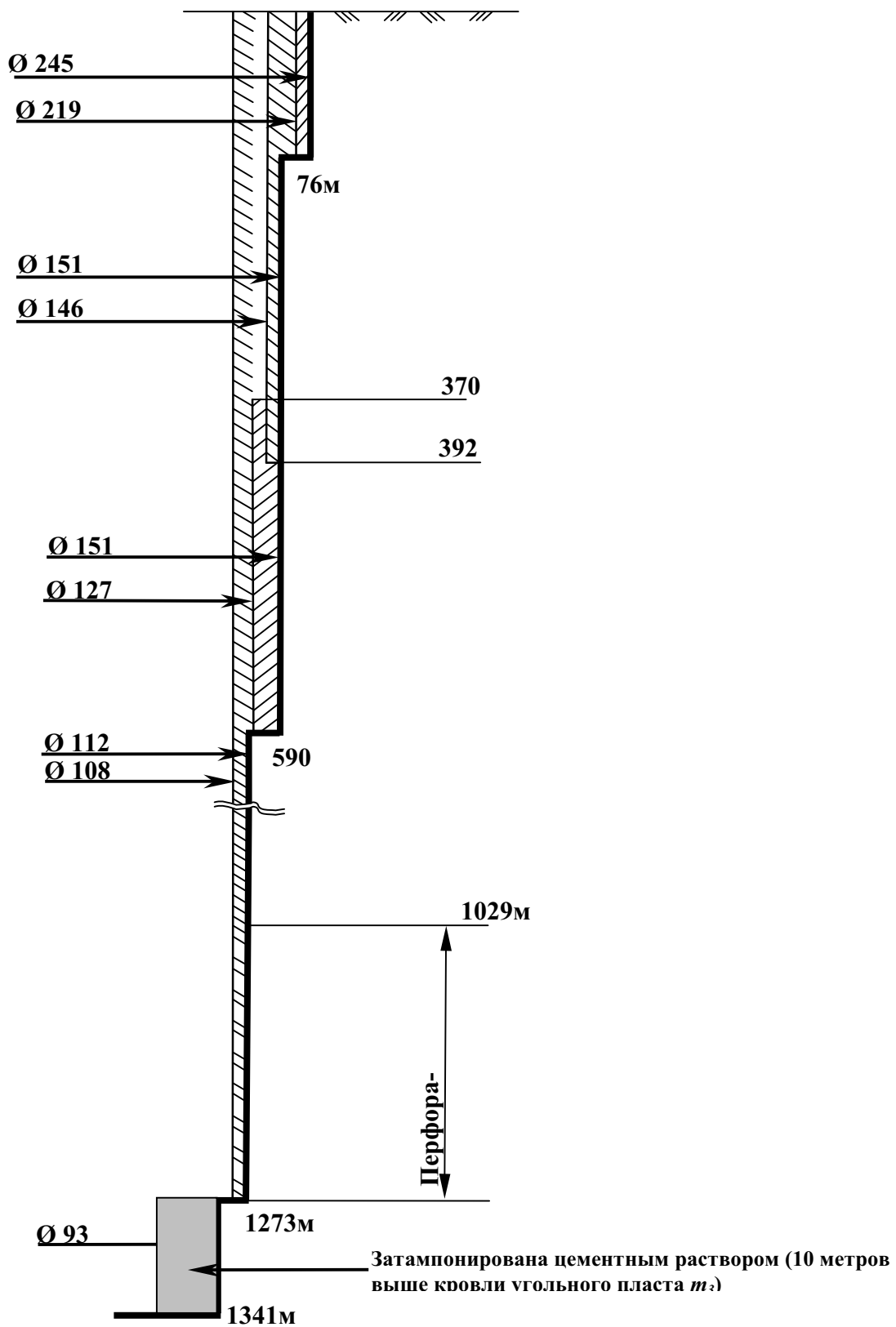


Рис. 1. Технологическая схема гидродинамического воздействия в условиях ш. им. А.Ф. Засядько .

Давление, под которым находится в фильтрационном объёме метано-воздушная смесь, оказывает существенное отрицательное влияние на скорость диффузии метана.

Поскольку нас будет интересовать не распределение газов в массиве, а движение потока в целом, можно считать, что коэффициент проницаемости и эффективная пористость не зависят от координат. Учитывая, что сжимаемость газов значительно выше сжимаемости массива, следует ожидать, что при относительно небольших давлениях, развиваемых при пневмовоздействии, не будет существенной деформации массива. Поэтому примем коэффициент проницаемости и эффективную пористость постоянными. Кроме того, во всех уравнениях значение температуры будем считать постоянным. С учётом сделанных предположений уравнения примут вид:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{kTR}{L^2 \mu} \frac{\partial}{\partial x} \left[ C \frac{\partial C}{\partial x} \right]; \quad (10)$$

$$\frac{\partial C_M}{\partial t} = \frac{kTR}{L^2 \mu} \frac{\partial}{\partial x} \left[ C_M \frac{\partial C}{\partial x} \right]; \quad (11)$$

$$\frac{\partial C_o}{\partial t} = \frac{KTR}{L^2 \mu} \frac{\partial}{\partial x} \left[ C_o \frac{\partial C}{\partial x} \right]; \quad (12)$$

где

$C$  – концентрация газа в фильтрационном объёме, г/см<sup>3</sup>;

$T$  – абсолютная температура смеси газов, К°;

$\mu$  – вязкость смеси, н · с/м<sup>2</sup>;

$\rho$  – плотность метано-воздушной смеси, г/см<sup>3</sup>;

$\beta_y, \beta$  – удельные теплоемкости угля и метано-воздушной смеси, дж/кг·град;

$R$  – газовая постоянная, дж/кг·град;

"м", "о" – индексы, относящиеся к метану и кислороду; переменная без индексов относится к метано-воздушной смеси.

Начальные условия:

$$\begin{aligned} C(x,0) = C_M(x,0) = C_{м.исх}; \\ C_o(x,0) = 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Граничные условия:

$$\begin{aligned} C(0,t) = \frac{P_n L}{RT}; \quad C_o(0,t) = 0.23 \frac{P_n L}{RT}; \\ C_M(0,t) = 0; \quad C(L,t) = \frac{P_{атм} L}{RT}; \\ 0 \leq x \leq L; \quad t \geq 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Здесь  $C_{м.исх}$  – концентрации свободного метана в необработанном массиве;

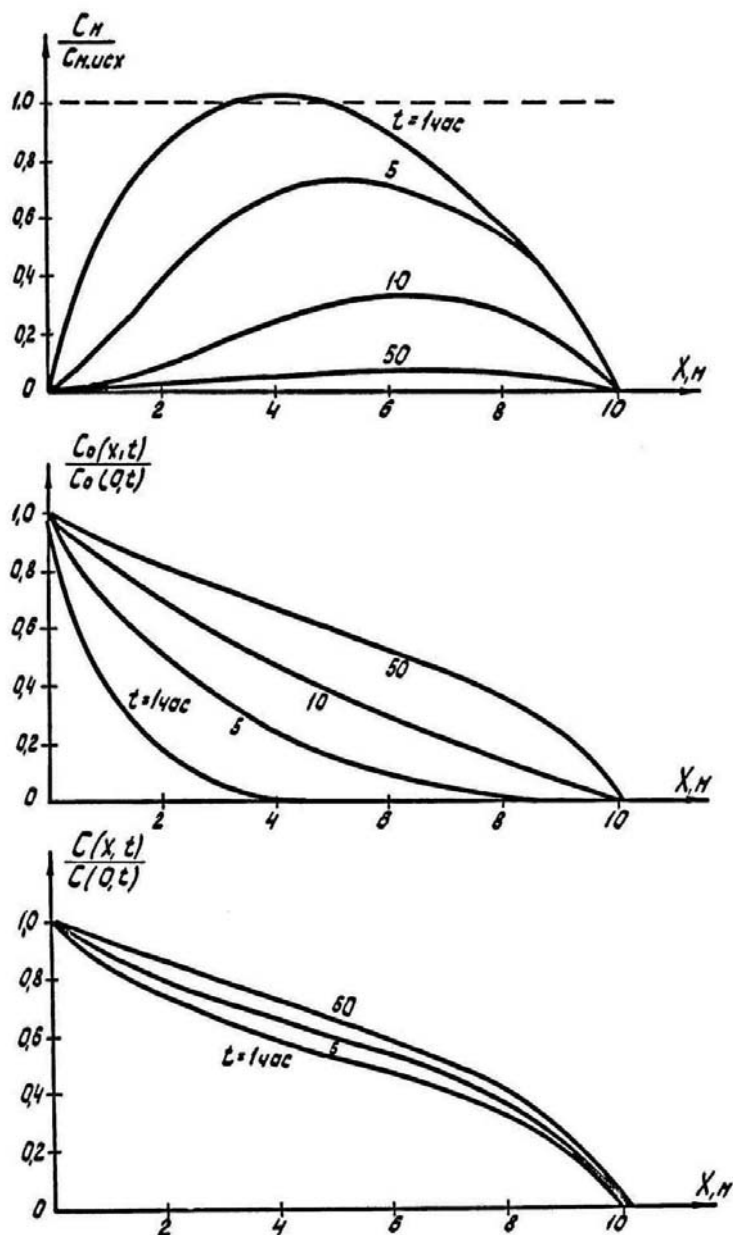
$P_c$  – давление нагнетания воздуха;

Система решается методом конечных разностей. В результате получаем решения в виде таблиц, по которым можно построить графики (рис.2,3).

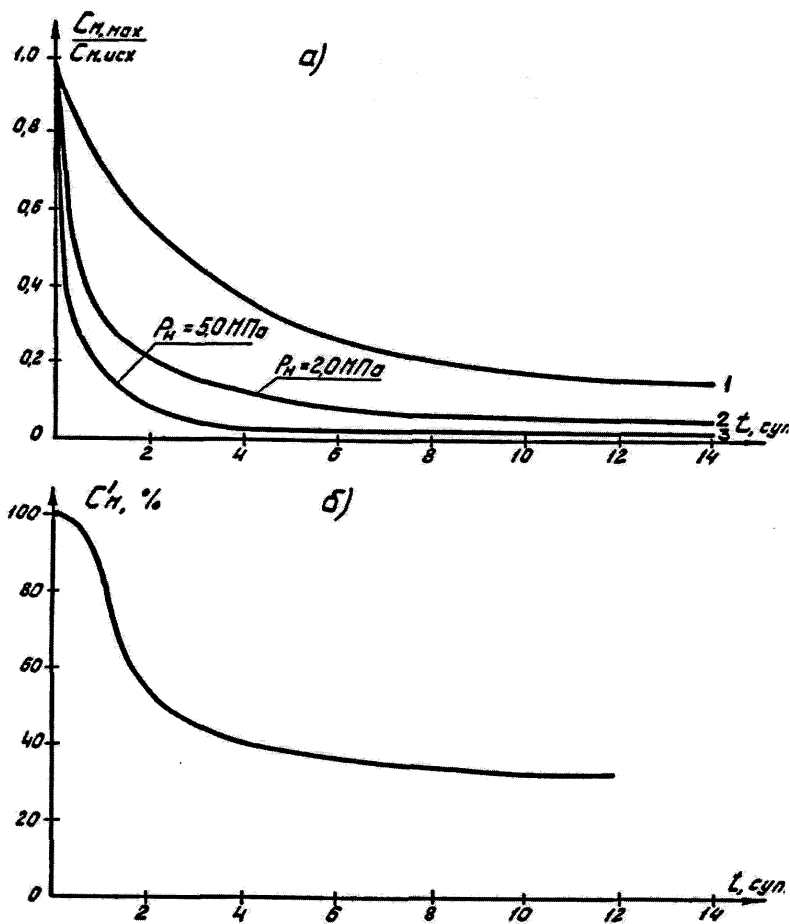
В результате реализации процесса пневмодинамического воздействия осуществляется принудительное внедрение воздуха под высоким давлением, что вызывает структур-

ные изменения, сопровождающиеся расширением пор и трещин. После сброса давления активизируется метановыделение из массива в скважину.

Управляющим параметром процесса является давление на скважине. Ввиду невозможности построения инженерных методик, исследования и расчет параметров необходимо проводить с применением ЭВМ.



**Рис.2.** Распределение в пространстве и времени относительных концентраций метана, кислорода и метано-воздушной смеси



**Рис.3.** Изменение концентрации свободного метана.

а - максимальной по обрабатываемой зоне;  
 б - объемной в отточной скважине

**Библиографический список:**

1. Механика насыщенных пористых сред./ В.Н. Николаевский, К.С. Басниев, А.Т. Горбунов, Г.А. Зотов. - М. : Недра, 1970.-336с.
2. Павлыш В.Н. Развитие теории и совершенствование технологии процессов воздействия на угольные пласты (монография). – Донецк: РВА ДонНТУ, 2005.- 347с.ISBN966-7745-29-5.

© Софийский К.К., Чередников В.В., Серезников С.С., 2007

**ЗИНЧЕНКО С.А., ЧЕПУРЕНКО А.В.(ДонНТУ)  
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ВЫВАЛООБРАЗОВАНИЙ В ГЛУБОКИХ ШАХТАХ ПУТЁМ  
ВОЗВЕДЕНИЯ ВРЕМЕННОЙ НАБРЫЗГБЕТОННОЙ КРЕПИ**

*Рассмотрен вопрос влияния вывалов на устойчивость подготовительных горных выработок глубоких шахт Донбасса, а так же перспективный метод предупреждения вывалообразования в забойной части выработки.*

Тектоническими особенностями Донецкого бассейна являются разрывные нарушения, проникающие на глубину до 3,5 км, имеющие амплитуду смещений от нескольких сантиметров до сотен метров. Зоны трещиноватых пород возле тектонических нарушений достигают сотен метров. При входе забоем выработки в зоны трещиноватых пород и разрывных нарушений наблюдается увеличение количества вывалов пород кровли. Нагрузка на рамы крепи от пород кровли отделившихся от массива превышает её несущую способность, что приводит к деформациям необходимости ремонта горной выработки. Ликвидации завалов выработок, вызванных вывалообразованиями, увеличивают затраты на ремонт в 2–3 раза. Увеличение количества породы выдаваемой на поверхность приводит к ухудшению экологической обстановки и потере полезных площадей поверхности. В забойной части выработки вывалообразование является основным геомеханическим процессом, вызывающим нарушение её эксплуатационного состояния. Таким образом, вывалообразование является одним из геомеханических процессов, проявляющихся при ведении горных работ, которое отрицательно сказывается на деформационном состоянии породного массива, в том числе и в направлении выработки [1].

Возведение временной набрызгбетонной крепи является одним из перспективных методов предупреждения вывалообразований в забойной части выработки.

Временная набрызгбетонная крепь является составной частью постоянной крепи, независимо от её конструкции. Это позволяет в целом снизить затраты на крепление. Например, при рамных конструкциях постоянной крепи, временная набрызгбетонная крепь может использоваться в качестве затяжки. Наиболее целесообразно её применение при постоянной набрызгбетонной крепи. В силу специфики крепежного материала и технологии возведения, временная набрызгбетонная крепь связывает отдельные части массива, заполняет трещины и пустоты, в результате чего выравнивается и снижается концентрация напряжений по контуру выработки. Крепь активно воздействует на развитие горного давления и обеспечивает создание системы "крепь-порода" уже в начальный момент сооружения выработки. Возведение крепи производится из закреплённого пространства, что обеспечивает безопасность работ. Недостатком временной набрызгбетонной крепи являются: большая запылённость воздуха (до 100..150 мг/м<sup>3</sup>) и большой отскок материалов при набрызге (до 10...25%).

Рациональным для временной крепи является двухкомпонентная набрызгбетонная смесь Ц:П (цемент:песок)=1:3 с добавлением в качестве ускорителя схватывания пластификаторов-ускорителей твердения в количестве 1,5–4,0%.

Набрызгбетонное покрытие породных обнажений для предупреждения вывалов целесообразно применять в породах прочностью на сжатие 40–80 МПа, различной степени нарушенности. В породах прочностью менее 40 МПа набрызгбетонное покрытие результатов может не дать, так как адгезия с породой оказывается меньше необходимой для предупреждения разрывных нарушений.



В основу данных методических положений прогноза вероятности вывала и его силового воздействия с единицы площади породного обнажения кровли на постоянную крепь выработки положена эмпирическая зависимость

$$P = \delta B_{\text{ч}} \gamma_{\text{р}} \left( \frac{\gamma H}{m \sigma_{\text{сж}}} - b \right), \quad (1)$$

где  $\delta$  — коэффициент формы выработки;  
 $B_{\text{ч}}$  — ширина выработки в черне;  
 $\gamma_{\text{р}}$  — объемный вес разрыхлённой породы;  
 $m$  — коэффициент стойкости;  
 $\gamma$  — объемный вес породы;  
 $H$  — глубина расположения выработки;  
 $G_{\text{сж}}$  — прочность пород на одноосное сжатие.

С целью оптимизации прогноза рассмотрено реальное влияние величин, определяющих характер и параметры вывалообразования. При этом пологий вывал, независимо от его формы, и сводчатый вывал, независимо от его направления, из рассмотрения исключены, так как они своим силовым воздействием на постоянную крепь разрушающего действия не оказывают [2]. Как отмечалось выше, определяющее влияние имеют направление вывала, его форма, состояние пород почвы выработки, величина смещений породного контура в направлении вывалообразования (потеря площади поперечного сечения всвету). С учетом этих факторов предлагаемая зависимость имеет вид

$$P = \delta B_{\text{ч}} \gamma_{\text{р}} \left( \frac{\gamma H}{m \sigma_{\text{сж}} f_{\text{с}}} - b \right) K_{\text{п}} K_{\text{д}} K_{\text{н}} K_{\text{ф}}, \quad (2)$$

где  $K_{\text{н}}$  — коэффициент влияния вывалообразования;  
 $K_{\text{ф}}$  — коэффициент формы вывалообразования;  
 $K_{\text{п}}$  — коэффициент влияния пучения;  
 $f_{\text{с}}$  — коэффициент состояния породного массива;  
 $K_{\text{д}}$  — коэффициент смещений пород кровли.

$$K_{\text{д}} = 1 + \frac{(U_{\text{кр}} - 110)}{(110 f)}. \quad (3)$$

Рассмотрим характер и степень влияния отмеченных факторов.

Направление вывалообразования. Прямой вывал ( $\beta=61\dots90^\circ$ ) действует на постоянную крепь всем весом отделившейся от массива породы. При косонаправленном ( $\beta=31\dots60^\circ$ ) вывале нагрузка не превышает 75% веса отделившейся от массива породы. Прослеживается прямая зависимость (при прочих равных условиях) нагрузки, создаваемой в результате вывала, на крепь от угла  $\beta$ . В этой связи при прямом вывале значение коэффициента направления рекомендуется принимать равным 1, а при косонаправленном — 0,75.

Рассматриваемые формы вывалообразований являются обобщающими, что может дать погрешность в прогнозе до  $\pm 10\%$ . В этой связи рекомендуется принимать наибольшие значения влияющего на удельную нагрузку коэффициента направления вывалообразования.

Форма вывалообразования. Влияние формы определяется объемом отделившейся от массива породы. Призматический (прямоугольный) вывал может учитываться  $K_{\text{ф}}=1$ , так как создает наибольшую удельную нагрузку (до  $140 \text{ кН/м}^2$ ), а вес отделившейся породы превышает случаи других форм вывалов. Так для конусного вывала  $K_{\text{ф}}=0,8$ , а для ступенчатого —  $K_{\text{ф}}=0,7$ .

По характеру проявления геомеханических процессов в начальный период после сооружения выработки часть ее, прилегающая к забою, может быть подразделена на забойную и призабойную. Породные обнажения забойной части испытывают непосредственное влияние проходческих работ, развитие геомеханических процессов практического влияния на состояние породных обнажений не оказывает, так как величина их проявлений значительно ниже критических смещений. Протяженность забойной части составляет 5 м и менее. В этой части выработки нагрузка на временную крепь может быть вызвана только обрушениями пород кровли, величина которых зависит от технологических и горно-геологических условий ведения горных работ и качества их выполнения. Последний фактор в значительной степени определяется способом выемки породы. В связи с изложенным, для оценки возможной нагрузки на временную крепь используется формула

$$P_3 = \delta B \gamma_p \left( \frac{M}{\sigma_{сж}} - K \right) K_{ВР}, \quad (4)$$

где  $K$  — коэффициент способа проведения выработки: при БВР  $K=0,25$ ;

$K_{ВР}$  — коэффициент влияния взрывных работ,  $K_{ВР}=1,35$ .

В пределах зон геологических нарушений, характеризующихся повышенной трещиноватостью породного массива, вывалообразование является основным конечным результатом развития геомеханических процессов. Проведенные исследования (с применением РВП-456 на шахтах ПО "Гуковуголь") [1] позволяют сделать вывод о том, что вокруг выработки, сооружаемой в зонах разрывных нарушений, формируются две характерные зоны: нарушенных пород, размеры которой зависят от амплитуды нарушения и расстояния от сместителя, и фоновой трещиноватости, в которой влияния нарушения не сказывается.

В свою очередь, в первой зоне могут быть выделены две подзоны: вероятного обрушения пород интенсивной трещиноватости. Размеры зоны вероятного обрушения, зависящие от параметров геологического нарушения, могут быть определены по формуле

$$h_3 = l_{II} + II_H + 5,7 \quad \text{м}, \quad (5)$$

где  $II_H$  — показатель нарушенности на данном участке выработки. Это значение определяет и возможную высоту вывалообразования (ширина которого обычно равна ширине выработки в черне, или на 10...20% превышает ее).

Размеры второй подзоны не зависят от параметров геологических нарушений и составляют 1,0–1,25 м.

Если не принять дополнительные меры, предупреждающие вывалообразование, то высоту  $h_B$ , можно определить по формуле

$$h_B = h_3 + (1...1,25), \quad \text{м} \quad (6)$$

Оборудования и установки для набрызгбетонирования обеспечивают уровень механизации работ до 70%.

По способу подачи бетонной смеси к месту укладки различают два типа машин для нанесения набрызгбетонной смеси — для сухого набрызга, когда по магистрали подаётся сухая смесь, а вода вводится непосредственно перед нанесением на поверхность и для мокрого набрызга, когда по магистрали к месту набрызга поступает заранее приготовленная смесь.

Таким образом, можно сделать вывод, что для обеспечения безопасного ведения работ, уменьшения затрат на поддержание выработок при сложных горно-геологических условиях, которые обоснованы, в основном, наличием разрывных нарушений и зон трещиноватых пород, необходимо применение мероприятий направленных на предупреждение

вывалообразований, к числу которых можно отнести возведение временной набрызгбетонной крепи.

### Библиографический список

1. Кошелев К.В., Бурма И.И., Герасимчук Д.А., Кошелев О.К. Вывалообразования в горных выработках шахт Донбасса. — К.: "Техника" 1994. — 133 с.
2. Временная набрызгбетонная крепь. / К.В.Кошелев, Ю.А.Петренко, Ю.И.Антоневич и др. — В кн. Крепление, поддержание и охрана горных выработок. Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1979, с.14–17.

© Зинченко С.А., Чепуренко А.В., 2007

УДК 622.85

#### **ПАВЛЫШ В.Н., НЕСТЕРЕНКО Б.И., ПРОКОПЕНКО Е.В. (ДонНТУ) ПОСТРОЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ ПОВЕРХНОСТИ ПОРОДНОГО ОТВАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА SURFER**

*Рассматривается возможность применения программного пакета SURFER для построения пространственной модели породного отвала, проводится сравнение результатов определения объемов породного отвала аналитическим способом и объемов модели породного отвала, построенных системой SURFER.*

Фирма Golden Software с 1983 года занимается разработкой пакетов научной графики. Первый продукт фирмы Golden Graphics System предназначался для обработки и вывода изображений наборов данных, описываемых двумерной функцией типа  $z=f(y,x)$ . Впоследствии этот пакет получил название Surfer, которое сохранилось за ним до нынешних времен.

Основным назначением Surfer является обработка и визуализация двумерных наборов данных, описываемых функцией типа  $z=f(y,x)$ .

В статье объектом исследования является породный отвал.

Необходимость исследования породного отвала вызвана негативным характером воздействия породных отвалов закрывающихся шахт на окружающую природную среду, а именно выделением в атмосферу около 300 тыс.т вредных веществ. Кроме того, они занимают площадь более 7 тыс.га преимущественно плодородных земель. Объемы загрязняющих веществ экологически опасны. [1]

При исследовании и моделировании породного отвала важной задачей является построение пространственной модели отвала, которая позволит решать многие задачи, например количество вмещающих пород, химический состав пород и т.д.

Наиболее эффективно данные задачи решаются с применением программного пакета Surfer.

Для построения пространственной модели породного отвала достаточно иметь набор точек, находящихся на поверхности отвала с определенными координатами X, Y, Z. Имея текстовый файл с набором таких точек, пакет Surfer строит пространственную модель породного отвала.

Работу с пакетом можно представить в виде трех основных функциональных блоков:

- построение цифровой модели поверхности;
- 1. вспомогательные операции с цифровыми моделями поверхности;

- визуализация поверхности.

Первое представляется традиционно в виде значений в узлах прямоугольной регулярной сетки, дискретность которой определяется в зависимости от конкретной решаемой задачи. Для запоминания входных данных Surfer использует собственные файлы типа GRD. Файл, используя значения для построения цифровой модели, сохраняется в файлах с расширением txt. или dat., которые можно просмотреть, используя любой текстовый редактор или с помощью построенной электронной таблицы Worksheet пакета Surfer. При этом возможны дополнительные операции с данными, например, сортировка, а также пересчет чисел с помощью уравнений, которые задаются пользователем. Затем выполняется регенерация их в файлы типа GRD. Описанный процесс обеспечивает построение цифровой модели поверхности. Созданные файлы можно использовать для визуализации поверхности.

С целью выполнения над цифровыми моделями различных операций, в том числе преобразования поверхностей, в Surfer для Windows реализован большой набор дополнительных средств:

- определение объема между двумя поверхностями;
- преобразование поверхности с помощью математических операций с матрицами;
- рассечение поверхности (расчет профиля);
- определение площади поверхности.

Предусмотрены и другие средства, которые могут быть выбраны в зависимости от решения задач.

Среди этого набора легко реализуется преобразование двух и более поверхностей. В данной работе такая операция реализуется, например, при сравнении построений, выполненных путем моделирования и путем маркшейдерской съемки. С помощью этой операции находились отклонение теоретических и практических расчетов.

Графически поверхность можно показать в двух вариантах: в виде карты изолиний или трехмерного изображения поверхности. При этом в основе работы Surfer лежат следующие принципы их построения.

Получение изображения путем наложения нескольких прозрачных и непрозрачных графических слоев.

Импорт готовых изображений, в том числе полученных в других файлах.

Использование специальных инструментов рисования, а также нанесение текстовой информации и формул для создания новых и редактирования старых изображений.

В работе построение поверхностей выполняется по принципу наложения нескольких слоев ( рис1. ).

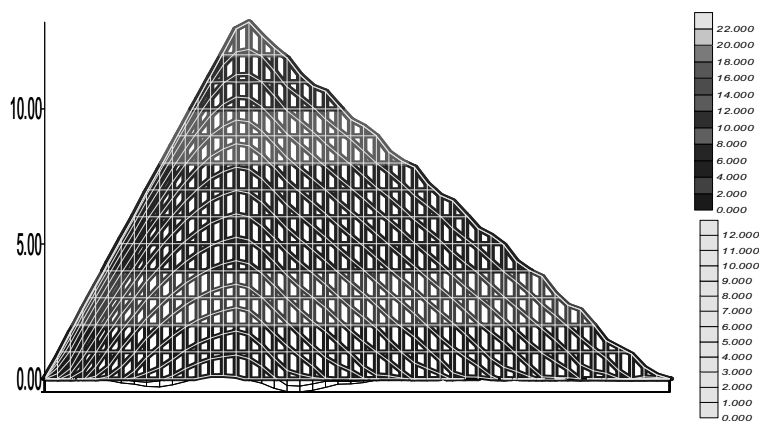
В Surfer как основные элементы изображения используются следующие типы карт [2]:

- Карта изолиний (Contour Map).
- Трехмерное изображение поверхности (3D Surface Map).
- Карта выходных данных (Post Map).
- Карта основы (Base Map).

Для того, чтобы быть уверенным в результатах построения модели породного отвала, выполнено исследование погрешности в построении модели. Проверка выполнялась на математической модели конуса, форма которого наиболее близко отвечает форме породного отвала. С помощью математической системы MathCAD была построена математическая модель поверхности конуса в виде набора точек на его поверхности, заданных их координатами. В соответствии математической моделью был сформирован массив, состоящий из маркшейдерских измерений координат, которые могли быть сделаны именно на математической модели.

Используя данные математического расчета, была построена пространственная модель конуса с помощью системы Surfer, и выполнено сравнение результатов определения объемов системой Surfer и аналитически.

Исследование показали, что погрешность определения объема не превышала 3.2% от объема. Результаты сравнений объемов приведены в таблице 1.



**Рис1.** Совместимое положение теоретической поверхности и поверхности, построенной по результатам измерений.

Таблица 1. Погрешности определения объема математической модели с помощью пакета Surfer.

№ п/п	Объем математической модели, м3	Объем определен системой Surfer, м3	Разность определения объемов, м3	Разность в процентах %
1	2	3	4	5
1	1000	1030	30	3
2	5000	5120	120	2.4
3	10000	10320	320	3.2
4	25000	25780	780	3.1
5	50000	51250	1250	2.5
6	75000	77325	2325	3.1
7	100000	103208	3208	3.2
8	250000	257051	7051	2.8
9	500000	515006	15016	3.0
10	100000	103202	32027	3.2

Полученные результаты подтвердили возможность применения пакета Surfer для построения модели породного отвала.

### Библиографический список

1. П.С. Пашковский, Э.А.Попов, М.А.Яремчук. Контроль теплового состояния породных отвалов. // Уголь Украины, 2002
2. А.Колесов, О.Павлова. Пакет Surfer-обработка и визуализация двумерных функций // "КомпьютерПресс"№2,1999(компакт-диск).

3. Прокопенко Е.В., Живогляд А.В. Разработка геоинформационной системы формирования породных отвалов // Сучасні технології маркшейдерського забезпечення раціонального і безпечного ведення гірничих робіт. Збірник наукових праць. - Донецьк: ДонНТУ, 2002

© Павлыш В.Н., Нестеренко Б.И., Прокопенко Е.В., 2007

УДК 622.85

### **ПАВЛЫШ В.Н., НЕСТЕРЕНКО Б.И., ПРОКОПЕНКО Е.В. (ДонНТУ) ХАРАКТЕРИСТИКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМУ ПОРОДНОГО ОТВАЛА**

*Рассматриваются факторы, влияющие на форму породного отвала, приводятся формулы расчета параметров породного отвала, рассматриваются задачи построения пространственной модели породного отвала.*

Породные отвалы шахт оказывают негативное влияние на окружающую природную среду, основными факторами которого являются : нарушение ландшафта земной поверхности и равновесного инженерно-геологического состояния горных пород; изменения гидрогеологического режима прилегающих территорий; пылегазовое загрязнение атмосферы.

Актуальность изучения технологии формирования породных отвалов целесообразна с точки зрения сохранения существующих экосистем в связи с уменьшением площади изымаемых под отвалы земель.

Для изучения факторов, влияющих на форму породного отвала, авторами были рассмотрены отвалы конической формы, которые в настоящее время составляют 65 % от общего количества отвалов.

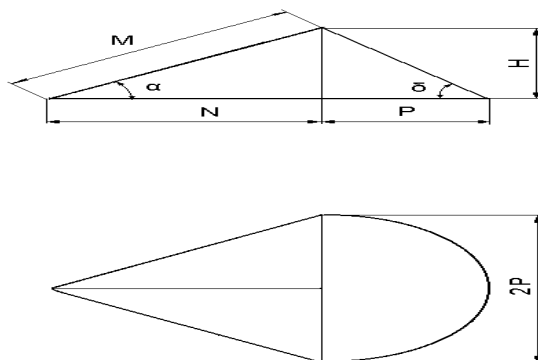
При проектировании отвалов конической формы определяют следующие основные параметры террикона:

$H$  – высота породного отвала;

$\alpha$  – угол наклона рельсового пути;

$\delta$  – угол природного откоса;

$N$  – горизонтальная проекция покатого участка пути;



$M$  – длина покатого участка пути;

$P$  – длина протягивания хвостовой части отвала.

Расчет параметров конусного отвала осуществляют по схеме, которая приведена на рисунке 1.1

**Рисунок 1.1.** Схема к расчету параметров конусного отвала.

Расчет параметров формирования отвала осуществляют по следующим формулам:

Емкость отвала:

$$V = \frac{Q_n \cdot T}{\gamma} \quad (1.1)$$

где,

$V$  – емкость отвала, м<sup>3</sup>;

$Q_n$  – годовая выдача породы на отвал, т/год;

$\gamma$  – насыпной вес породы, т/м<sup>3</sup>;

$T$  – время эксплуатации отвала, год.

Высота отвала:

$$H = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\frac{2}{\operatorname{tg}(\alpha)} + \frac{\pi}{\operatorname{tg}(\delta)}}} \quad (1.2)$$

где,

$H$  – высота отвала, м;

$\alpha$  – угол наклона рельсового пути, град;

$\delta$  – угол природного откоса, град.

Длина покатого участка пути, м :

$$M = \frac{H}{\sin(\alpha)} \quad (1.3)$$

Горизонтальная проекция покатого участка пути, м:

$$N = M \cdot \cos(\alpha) \quad (1.4)$$

Длина фронтальной части отвала, м:

$$P = \frac{H}{\operatorname{tg}(\delta)} \quad (1.5)$$

Таким образом, одним из основных параметров, влияющих на форму породного отвала является технология формирования породного отвала. Именно технология предопределяет коническую форму для терриконов.

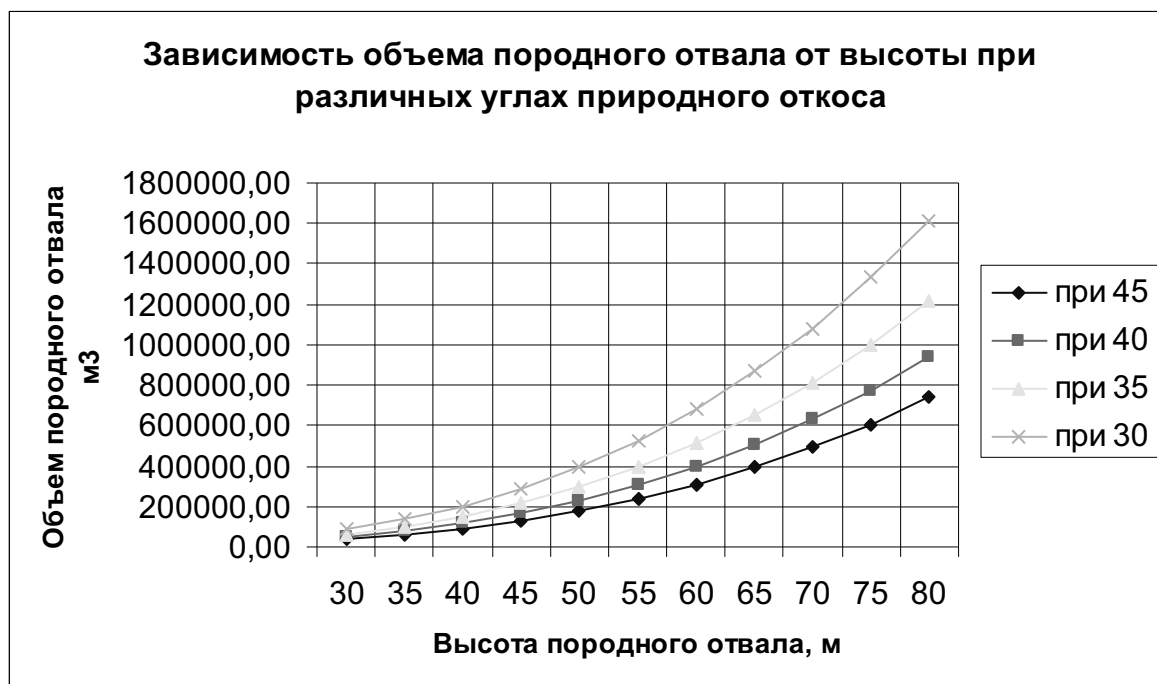
Главными факторами при проектировании породного отвала являются объем ( $V$ ) и угол наклона пути ( $\alpha$ ).

Следующим фактором, влияющим на форму породного отвала является состав пород, которые отсыпаются отвалом. От состава пород зависит угол природного откоса  $\delta$ , влияющий на форму отвалу.

Так как при проектировании породного отвала невозможно предусмотреть, какая порода и в каком количестве будет отправляться на отвал, то невозможно определить каким образом состав пород будет влиять на форму породного отвалу. Принято для определения площади, которую будет занимать отвал, используют среднее значение угла природного откоса  $\delta=45^0$ .

При построении математической модели отвала необходимы результаты маркшейдерских измерений, с помощью которых можно установить угол природного откоса, а также проверить правильность соблюдения угла наклона рельсового пути.

Для моделирования динамики формирования поверхности породного отвала очень важным вопросом является знание зависимости объема породного отвала от высоты. Благодаря этому возможно установить на какую величину изменилась высота породного отвала при увеличении, или уменьшении объема породного отвала. На основе расчетов основных параметров породного отвала, которые используются при проектировании, были построены зависимости объема породного отвала от высоты для различных углов природного откоса, и углов наклона рельсового пути (Рис.1.2.).[1]



**Рисунок 1.2.** Зависимость объема породного отвала от высоты при различных углах природного откоса.

Для построения пространственной модели необходимо иметь набор точек на поверхности породного отвала с определенными координатами. Эти данные можно получить с помощью маркшейдерских измерений на поверхности существующего породного отвала. Но чаще появляется задача построения пространственной модели поверхности, которая еще не существует (то есть прогноз формирования отвала), или поверхности, которая существовала в начале эксплуатации породного отвала. Именно для решения этих задач и был разработан алгоритм, посредством которого, на основе исходных данных – объема породы, отсыпанной в отвал, угла наклона рельсового пути, угла природного откоса, возможно получить условные точки на моделируемой поверхности, для которых бы были известны координаты.

Полученный массив координат точек для описания поверхности террикона, записывается в текстовый файл, и в дальнейшем используя эти данные с помощью программного пакета Surfer строится пространственная модель поверхности террикона. [2].

Таким образом, в результате построения пространственной модели террикона можно получить различные варианты карт с изображением террикона. Далее, используя состав пород, входящих в породный отвал, можно получить полное представление о данном терриконе и использовать полученные данные для дальнейшего исследования террикона с целью улучшения экологической обстановки в регионе.



### Библиографический список

1. Прокопенко Е.В., Живогляд А.В. Разработка геоинформационной системы формирования породных отвалов // Сучасні технології маркшейдерського забезпечення раціонального і безпечного ведення гірничих робіт. Збірник наукових праць. - Донецьк: ДонНТУ, 2002
2. А.Колесов, О.Павлова. Пакет Surfer-обработка и визуализация двумерных функций // "КомпьютерПресс" №2, 1999 (компакт-диск).

© Павлыш В.Н., Нестеренко Б.И., Прокопенко Е.В., 2007

УДК 622.235.5

### **КАЛЯКИН С.А., ЛАБИНСКИЙ К.Н., РУБЛЕВА О.И. (ДонНТУ) ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ДЕТОНАЦИИ И ИМПУЛЬСА ВЗРЫВА ЗАРЯДА В ПОРОДНОЙ ОБОЛОЧКЕ С ИНЕРТНЫМИ ПРОМЕЖУТКАМИ МЕЖДУ ПАТРОНАМИ ВВ**

*Рассмотрены факторы, влияющие на отказы и неполные детонации шпуровых зарядов ВВ, экспериментально установлена область аномального влияния инертного промежутка на параметры детонации ВВ пассивного патрона и величину осевого импульса взрыва заряда ВВ с инертным промежутком, предложена гипотеза сверхглубокого проникновения частиц материала инертного промежутка в ВВ пассивного патрона и многоточечного инициирования химической реакции высокоскоростными частицами по всему объему ВВ.*

Технология строительства подземных сооружений и шахт связана с применением энергии взрыва взрывчатых веществ (ВВ) для разрушения горных пород. Эффективность взрывных работ (БВР) зависит как от правильного проектирования параметров БВР, так и от действия взрыва шпуровых зарядов на горные породы. При этом должен достигаться максимальный эффект разрушения пород и обеспечиваться устойчивая детонация шпуровых зарядов ВВ. Однако, опыт применения взрывных работ при проведении горизонтальных и вертикальных горных выработок показал, что в результате неполных детонаций, отказов шпуровых зарядов снижается эффективность БВР и повышается доля вторичного дробления пород в результате некачественной заходки.

Анализ последних исследований, выполненный в работах [1,2], показал, что основными причинами отказов и неполных детонаций шпуровых зарядов ВВ являются: снижение детонационной способности ВВ при его динамическом уплотнении в шпурах, раздвижка патронов ВВ в шпуровом заряде, образование между отдельными патронами ВВ пересыпок из буровой мелочи, воды, породного и угольного штыба при неправильном зарядании или в результате откольных явлений на стенках шпуров при короткозамедленном взрывании зарядов ВВ. Проявление этих неблагоприятных факторов при взрывных работах приводит к отказам и неполной детонации ВВ в шпурах и кардинальному изменению эффекта разрушения пород под действием взрывного импульса. Наличие бурового штыба и воды в шпурах приводит к тому, что между отдельными патронами ВВ в шпуровом заряде образуются пересыпки, которые оказывают отрицательное влияние не только на устойчивость детонации ВВ в заряде, но и на изменение механизма действия взрыва заряда ВВ на окружающие его породы. До настоящего времени не исследовался вопрос изучения влияния на эффективность действия взрыва наличия инертных пересыпок между патронами ВВ. Актуальность этого вопроса обусловлена тем, что при применении длинных шпуров при проходке стволов длина шпуровых зарядов достигает 2,5-3,5 м. При такой длине заряда наличие между патронами ВВ инертных пересыпок может существенным образом повлиять на эффективность взрывания и его устойчивую детонацию. В связи с этим решение этой проблемы представляет собой важную научно-техническую задачу, решение которой направлено на повышение эффективности взрывных работ.

Целью данной статьи является исследование действия взрыва заряда в породной оболочке с инертными промежутками между патронами ВВ. При проведении данных исследований необходимо решить следующие задачи:

1. Установить влияние на эффективность взрывного действия заряда на породы наличия пересыпок между отдельными патронами ВВ.
2. Изучить передачу детонации между отдельными патронами ВВ в заряде на его устойчивость детонации величину скорости детонации ВВ.

Разрушение горных пород взрывом представляет собой сложный процесс, протекающий под совокупным воздействием продуктов детонации ВВ, ударных волн и волн разгрузки. Если исходить [3] из предпосылки, что начальная стадия деформации горной породы в массиве при ее контакте с детонирующим зарядом ВВ определяется величиной импульса, передаваемого при взрыве в породе, то будем иметь следующую зависимость для радиуса разрушения – R:

$$R=F(I_0)=F(m_3 * D_3), \quad (1)$$

где  $m_3$  – масса заряда ВВ в зарядной камере, контактирующего с горной породой;

$D_3$  – скорость детонации ВВ в заряде.

Необратимые деформации слоев породы вокруг заряда, непосредственно контактирующих с ним, будут происходить при условии, что передаваемый импульс взрыва  $I_0$  будет больше критического значения импульса  $I_{кр}$ , зависящего от прочности породы и ее акустической жесткости:

$$I_0 \geq I_{кр} \quad (2)$$

До тех пор, пока при взрыве заряда будет выполняться условие по уравнению (2), радиус разрушения пород растет, и когда

$$I_0 = I_{кр}, \text{ то } R = R_{max} \quad (3)$$

Таким образом получается, что чем больше импульс взрыва заряда ВВ передается горным породам, тем больше их радиус разрушения.

Согласно работе [4] для идеального случая взрывания заряда ВВ в зарядной камере с надежной забойкой полный импульс детонационной волны при отражении от стенки пород составит:

$$I = \int_{l/D}^{\infty} p dt = \frac{64}{27} S * P_n \left( \frac{l}{D} \right)^3 \int_{l/D}^{\infty} \frac{dt}{t^3} = \frac{32}{27} S * P_n \frac{l}{D}, \quad (4)$$

где  $l$  – длина заряда ВВ;

$D$  – скорость детонации заряда;

$S$  – площадь поперечного сечения заряда;

$P_n$  – давление во фронте детонационной волны.

Поскольку для ВВ  $P_n = \frac{\rho_{ВВ} D^2}{4}$ , то окончательно получаем следующее уравнение:

$$I = \frac{8}{27} S * \rho_{ВВ} * l * D \approx 0,3 m_{ВВ} * D, \quad (5)$$

где  $m_{ВВ} = S * \rho_{ВВ} * l$  – масса ВВ в заряде.

В соответствии с уравнением (5), чем больше масса взрываемого ВВ и его скорость детонации, тем больше передается импульс взрыва разрушаемому массиву, и тем больше радиус разрушения горных пород. Вместе с тем, наличие инертных пересыпок между патронами ВВ в заряде может существенно изменить результат взрывания. Например, в случае отказа или неполной детонации ВВ в заряде масса детонирующего ВВ меньше, чем общая его масса в заряде. Поэтому импульс взрыва снижается пропорционально массе отказавшего ВВ. В этом случае достаточно легко предсказать результат взрывания.

Другое дело, когда инертные пересыпки между патронами не приводят к отказам детонации ВВ, но оказывают существенное влияние на величину скорости детонации по длине заряда. В этом случае однозначного ответа относительно результата взрыва пока нет. Дело в том, что если рассматривать влияние инертных пересыпок на величину скорости детонации ВВ, а известно, что влияние имеет отрицательный характер – скорость детонации уменьшается. Следовательно, должен уменьшаться и импульс взрыва и радиус разрушения пород. Однако, известно, что рассредоточенные заряды и заряды ВВ с воздушными промежутками при взрывании в горных породах дают высокую эффективность, которая превышает эффективность сплошных зарядов.

Таким образом, возникла необходимость исследований условий передачи детонации между патронами ВВ с инертными промежутками и измерения скорости детонации заряда ВВ, между патронами которого находятся инертные пересыпки, не препятствующие передаче детонации. Скоростная фотография опытов по передаче детонации через пластинку инертного материала показывает [5], что вхождение ударной волны в пассивный заряд не приводит сразу к возбуждению его детонации. Последняя возникает лишь на некотором расстоянии от торца патрона ВВ и распространяется от точки ее возникновения не только вперед, но и назад.

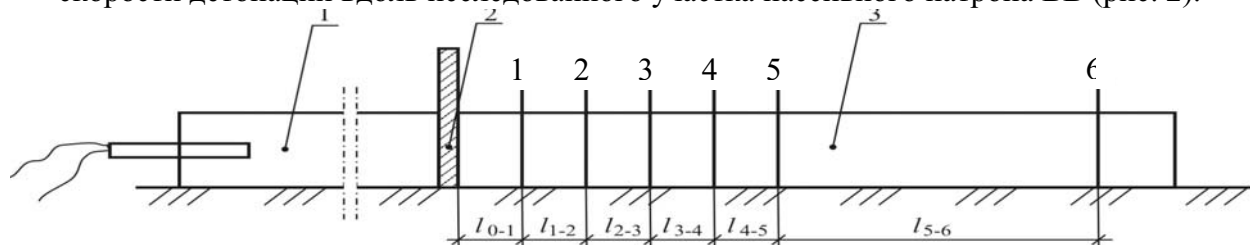
Для подтверждения этого результата и получения количественных значений проведены специальные взрывания [6]. В экспериментальной работе использовали следующую методику определения скорости детонации в пассивном патроне ВВ. На песчаном грунте укладывались два патрона ВВ, один из патронов был активный (содержал электродетонатор), а другой – пассивный. Между патронами устанавливали экран размером 390 x 420 мм из инертного материала, отделяющий патроны на некоторое расстояние друг от друга. Экран имитировал легко разрушаемую при взрыве преграду между патронами, которая отделяла продукты детонации активного патрона от пассивного. Через такой экран осуществлялась передача детонации от активного патрона пассивному. В пассивном патроне измеряли скорость распространения детонационной волны с помощью последовательно установленных в нем 6 пар ионизационных датчиков, которые при замыкании давали электрический импульс.

Регистрация полученной осциллограммы осуществлялась с помощью электронного осциллографа ИВ-22. Исследовали передачу детонации между патронами аммонита ГЖВ-20 (длина патрона 270 мм, диаметр 36 мм, масса 0,3 кг); при этом измеряли время детонации на участках патрона  $l_{1-2}$ ,  $l_{2-3}$ ,  $l_{3-4}$ ,  $l_{4-5}$ ,  $l_{5-6}$ . По результатам измерений времени рассчитывалась скорость детонации (взрывчатого превращения) по формуле:

$$D = \frac{B}{\tau}, \quad (6)$$

где  $B$  – расстояние между ионизационными датчиками (база);  
 $\tau$  – время между замыканиями датчиков.

Пространственное расположение ионизационных датчиков в пассивном патроне ВВ показано на рис. 1. По экспериментальным данным построен график изменения скорости детонации вдоль исследованного участка пассивного патрона ВВ (рис. 2).

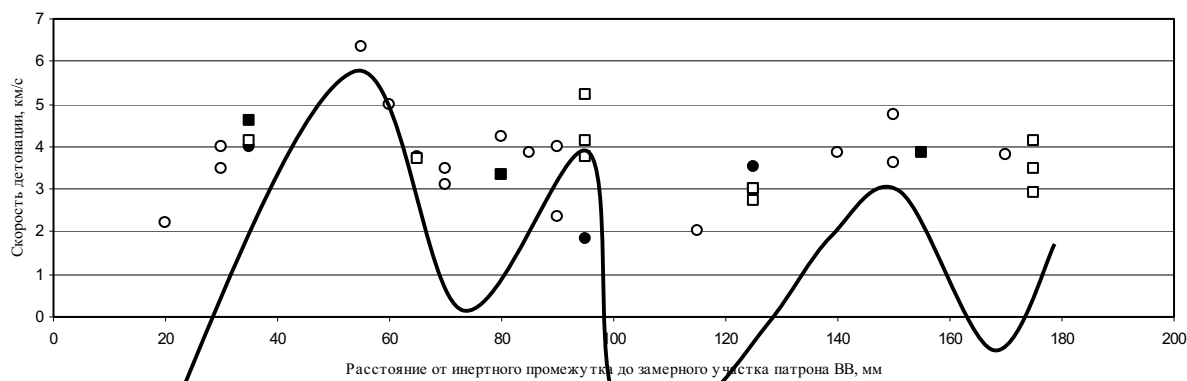


**Рис. 1.** Принципиальная схема ступенчатого измерения скорости детонации пассивного патрона ВВ, отделенного от патрона-боевика инертным промежутком: 1 – патрон-боевик; 2 – инертный промежуток; 3 – пассивный патрон ВВ; 1;2;3;4;5;6 – ионизационные датчики.

Результаты опытов показали, что независимо от материала исследованных инертных промежутков (металл, дерево, картон) изменение скорости детонации вдоль пассивного патрона происходит по одному закону, который носит явно выраженный

волнообразный (пульсирующий) характер. Причем, примерно на расстоянии 50 мм от преграды получен максимум скорости, равный около 6500 м/с. Затем идет падение скорости до примерно 3000 м/с, затем снова рост и т.д.

Таким образом установлено, что скорость детонации ВВ в пассивном патроне (при передаче детонации через инертный промежуток) по его длине имеет пульсирующий характер - скорость изменяется как в большую, так и в меньшую сторону. Это указывает на то, что сразу за экраном в торце пассивного патрона детонационная волна не возникает, а образуется ударная волна, которая движется по ВВ. Энергия ударной волны идет на интенсивное сжатие ВВ и его разогрев до температуры вспышки. Это требует определенного времени, которое называют задержкой инициирования ВВ. За это время ударная волна вследствие ее высокой скорости в веществе удаляется на достаточно большое расстояние от места входа в пассивном патроне. Как только ударносжатое волной ВВ прореагирует и фронт продуктов химической реакции ВВ догонит впереди идущую, но затухающую ударную волну, то в месте их встречи образуется детонационная волна, что приводит к возрастанию скорости детонации.



**Рис. 2.** График изменения скорости детонации пассивного патрона аммонита ПЖВ-20, отделенного от патрона-боевика инертным промежутком

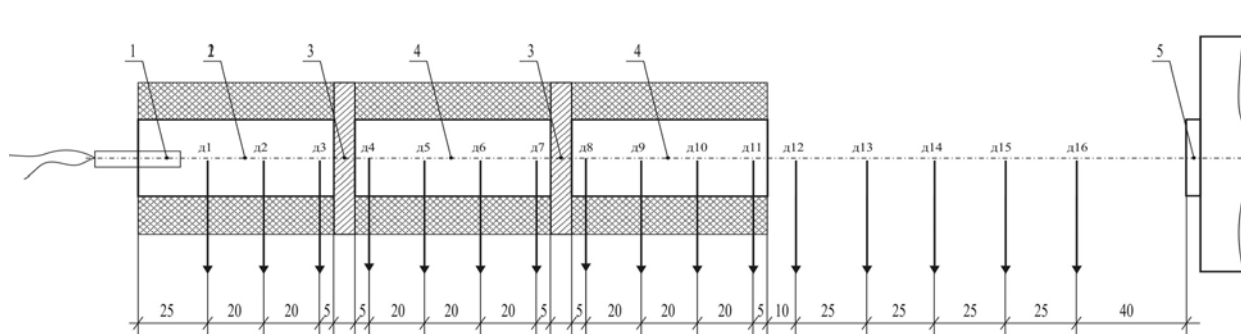
Чтобы исследовать процесс пульсации скорости детонации в заряде ВВ при наличии инертной преграды между патроном-боевиком и пассивным патроном ВВ, необходимо было измерить время детонации заряда в целом. Исследование проводилось при помощи измерителя временных интервалов ИВИ-1, описанного в работе [7].

При проведении лабораторных исследований использовалась модификация прибора с 16 каналами для подключения ионизационных датчиков.

Схема лабораторных исследований приведена на рис. 3.

Результаты 4 серий проведенных экспериментов сведены в табл. 1.

Результаты экспериментов по измерению скорости детонации заряда, состоящего из патронов ВВ, разделенных инертными промежутками, показывают, что скорость детонации имеет пульсирующий характер. При передаче детонации через пересыпку в пассивный патрон ее значение в нем уменьшается тем сильнее, чем толще пересыпка. Затем скорость детонации в патроне растет до значения, приближающегося к скорости детонации для «чистого» ВВ. однако, опыты показали, что чем толще пересыпки между патронами, тем ниже средняя скорость детонации в заряде. Скорость детонации заряда, состоящего из патронов аммонита №6ЖВ без пересыпок, составила в среднем 4338,2 м/с; если патроны имеют пересыпки толщиной 5 мм из песчано-цементной смеси, то скорость детонации равна 3840.6 м/с; если пересыпки из граншлака и имеют толщину 15 мм, то скорость детонации уменьшается до 3475,9 м/с.



**Рис. 3.** Схема проведения исследований по измерению времени взрывчатого преобразования отдельных участков оболочечного заряда: 1 – электродетонатор; 2 – активный патрон ВВ; 3 – инертная преграда; 4 – пассивный патрон ВВ; 5 – баллистический маятник

В соответствии с уравнением (5), полный импульс взрыва заряда ВВ с инертными промежутками уменьшается, и тем сильнее, чем толще пересыпка или более значительное уменьшение скорости детонации заряда. Полный импульс взрыва заряда ВВ без пересыпки составил –  $I_{ВВ}=247,3 \text{ Н*с}$ , с 5 мм пересыпкой между патронами ВВ –  $I_{ВВ}=237,4 \text{ Н*с}$ , а с 15 мм пересыпками между патронами импульс взрыва уменьшился до  $I_{ВВ}=230,2 \text{ Н*с}$ .

В соответствии со схемой проведения опытов, показанной на рис. 3, был определен импульс взрыва, который получается от взрыва заряда ВВ в осевом направлении. Импульс продуктов взрыва заряда ВВ измеряли с помощью баллистического маятника, который установили по ходу движения детонационной волны в заряде. Измерение импульса взрыва заряда ВВ в осевом направлении дало практически один и тот же импульс как для заряда без пересыпок между патронами (отклонение маятника составило 25 мм), так и для зарядов с инертными пересыпками (отклонение маятника 24-27 мм). Поэтому можно сделать вывод, что инертные пересыпки в заряде ВВ уменьшают скорость детонации и полный импульс взрыва заряда ВВ. Импульс взрыва продуктов детонации заряда ВВ, распространяющихся в осевом направлении, практически не зависит от толщины пересыпки между патронами.

Учитывая этот факт, были проведены исследования по выяснению влияния параметров инертной пересыпки между патронами на осевую импульс взрыва заряда ВВ. Исследования проводили по следующей схеме. Между патроном-боевиком массой 55 г и пассивным патроном массой около 135 г устанавливали инертный промежуток из различных материалов толщиной 0,5-15 мм и массой 0,05-15,4 г. Результаты опытов по определению взрыва заряда в осевом направлении при наличии инертного промежутка между патронами показаны на рис. 4. Обработка результатов опытов позволила получить эмпирическую зависимость отклонения баллистического маятника от массы инертного промежутка, находящегося между патронами аммонита №6ЖВ. Эта зависимость имеет следующий вид:

$$L_{отк} = \frac{(26,08 + 5,33M_{ин})}{(1 - 0,04M_{ин} + 0,01M_{ин}^2)}, \quad (7)$$

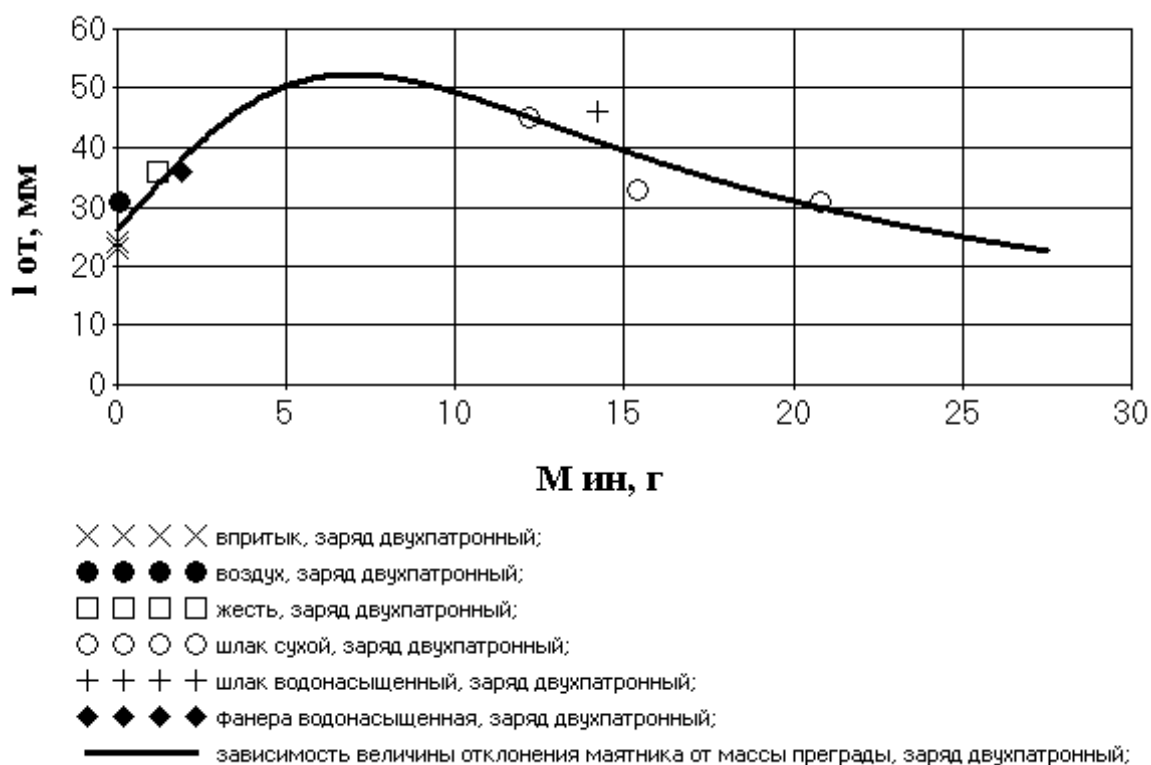
где  $L_{отк}$  – отклонение маятника, мм;  
 $M_{ин}$  – масса инертного промежутка, г.

**Таблица 1.** Результаты ступенчатого измерения временных параметров взрыва оболочечного заряда с инертными промежутками (преградами) между патронами ВВ

Участок	1-2		2-3		3-4		4-5		5-6		6-7		7-8		8-9		9-10		10-11		Средняя скорость детонации заряда	11-12		12-13		13-14		14-15		15-16	
	База, см	2	2	2,5	2	2	2	2	2,5	2	2	2	2	2,5	2	2	2	2,5	2	2		2	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Время, мкс	4,44	4,88	4,88	15,13	5,44	4,94	4,88	13,38	5,88	5,31	5,13	3,902	3,476	3,200	2,367	2,985	1,674	1,826	4,69	10,56	8,38	14,94	13,69	13,69	13,69	13,69	13,69	13,69	13,69	13,69	13,69
Скорость, м/с	4507	4103	4103	1653	3678	4051	4103	1869	3404	3765	3902	3476	3200	2367	2985	1674	1826	4507	4103	4103	4103	4103	4103	4103	4103	4103	4103	4103	4103	4103	4103
Препграда в виде таблетки из граншлака толщиной 15 мм, массой 15,4 г																															
База, см	2	2	1,5	2	2	2	2	1,5	2	2	2	2	2	1,5	2	2	2	2	2	2	2	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Время, мкс	4,81	4,56	7,06	4,56	4,06	4,31	6,81	4,81	4,44	4,63	4,324	3,384	2,449	3,774	3,509	2,667	3,030	4,81	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	
Скорость, м/с	4156	4384	2124	4384	4923	4638	2202	4156	4507	4324	4324	3384	2449	3774	3509	2667	3030	4156	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384
Препграда в виде таблетки из песчано-цементной смеси толщиной 5 мм, массой 8,0 г																															
База, см	2	2	1,5	2	2	2	1,5	2	2	2	2	2	2	1,5	2	2	2	2	2	2	2	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Время, мкс	4,81	4,56	7,06	4,56	4,06	4,31	6,81	4,81	4,44	4,63	4,324	3,384	2,449	3,774	3,509	2,667	3,030	4,81	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	
Скорость, м/с	4156	4384	2124	4384	4923	4638	2202	4156	4507	4324	4324	3384	2449	3774	3509	2667	3030	4156	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384	4384
Патроны впритык друг к другу																															
База, см	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Время, мкс	4,81	4,56	2,38	4,63	4,25	4,25	2,38	4,50	4,63	4,50	4,50	4,444	4,324	4,211	4,444	4,324	4,444	4,324	4,444	4,444	4,444	4,338	3,810	4,348	2,778	3,571	2,778	3,571	2,778	3,571	
Скорость, м/с	4156	4384	4211	4324	4706	4706	4211	4444	4324	4324	4444	4324	4324	4211	4444	4324	4444	4324	4444	4444	4444	4338	3810	4348	2778	3571	2778	3571	2778	3571	
Препграда в виде таблетки из граншлака толщиной 25 мм, массой 27,5 г																															
База, см	2	2	2,5	2	Отказ																										
Время, мкс	5,81	5,56	66,06	148,1	Отказ																										
Скорость, м/с	3441	3596	378	135	Отказ																										

Примечание: ионизационные промежутки 12-13, 13-14, 14-15, 15-16 расположены за зарядом ВВ, считая по ходу детонации

Зависимость (7) имеет характерный максимум при значении  $M_{ин} \approx 7$  г. Это указывает на то, что при определенных массах инертного промежутка между патронами осевой импульс взрыва заряда растет по сравнению с зарядом, у которого инертной пересыпки или преграды между патронами нет. Влияние инертного промежутка на скорость детонации ВВ в пассивном патроне показано на рис. 2. Получается, что при передаче детонации инертный промежуток между патронами не только приводит к возникновению пульсирующей детонации, но и сам материал перемычки в результате его разгона продуктами детонации активного патрона ВВ приобретает высокую скорость, которая разгоняет продукты взрыва пассивного патрона и увеличивает импульс взрыва в осевом направлении.



**Рис. 4.** Зависимость отклонения баллистического маятника ( $I_{от}$ ) от массы инертного промежутка ( $M_{ин}$ ).

Попытаемся описать механизм влияния инертного материала между патронами ВВ на процесс развития взрыва в пассивном патроне и величину импульса взрыва.

Известно [3], что на контакте ВВ с инертным материалом (пластина, пересыпка) в результате взаимодействия продуктов детонации с телом его материал первоначально сжимается возникающей в нем ударной волной, а затем разгоняется в волне разрежения продуктами взрыва активного заряда. Максимальная скорость метания инертного тела –  $I_m$  продуктами детонации ВВ может быть определена по формуле:

$$I_m = \frac{D}{2} \sqrt{\frac{m_{ВВ}}{2M_u}}. \quad (8)$$

Анализ зависимости (8) показывает, что при определенном соотношении массы ВВ активного заряда –  $m_{ВВ}$  и массы инертного промежутка –  $M_u$  можно получить скорости метания тела, значительно превышающие скорость детонации самого ВВ. При скорости метания тела  $I_m > D$  материал инертного промежутка движется со скоростью больше скорости детонации ВВ, в результате чего «поджимает» и разгоняет фронт волны. Не исключается в этом случае и возникновение эффекта Ушеренко – сверхглубокого проникновения материала инертной преграды в еще не прореагировавшее ВВ. Помимо пульсирующего

режима детонации ВВ в пассивном патроне, который при высокой скорости инертного тела может быть высокоскоростным – «пересжатым», согласно съемки продуктов взрыва заряда с инертным промежутком, видно значительное усиление свечения продуктов взрыва. Это указывает на то, что отдельные частицы инертной преграды, имея высокую скорость движения, в несколько раз превышающую скорость детонации ВВ, «прошивает» навывлет пассивный заряд ВВ, при этом вызывая химическую реакцию разложения ВВ по всей его длине. В результате возрастает скорость выделения энергии в пассивном патроне за счет многоточечного инициирования реакции в патроне пассивного ВВ. Все это приводит как к возрастанию полного импульса взрыва заряда за счет увеличения скорости детонации ВВ, так и увеличению осевого импульса взрыва заряда с инертным промежутком за счет высокоскоростного потока частиц, движущихся в направлении распространяющегося детонационного фронта.

Согласно уравнения (8) и условий проведения опытов попытаемся оценить, при каких массах активного заряда ВВ и инертной пересыпки можно ожидать возникновения вышеописанных эффектов. Условием возникновения аномального поведения инертного тела при детонации ВВ в пассивном патроне является:  $I_m > D$ . Для условий наших опытов получим массу инертного промежутка, отвечающую этому условию:

$$M_u = \frac{m_{BB}}{2 \left( \frac{2I_m}{D} \right)^2} < \frac{55}{8} \approx 7 \text{ г.}$$

Таким образом, если масса инертного промежутка менее 7 г, то скорость метания его материала будет превышать скорость детонации ВВ в пассивном патроне. Это приведет к пульсирующей пересжатой детонации ВВ и интенсивной многоточечной детонации ВВ по всему объему пассивного патрона. Следовательно, усилится импульс взрыва заряда ВВ. Сравним полученное значение  $M_u$  с экспериментами, результаты которых приведены на рис. 4. Зависимость (7) имеет значение максимального отклонения баллистического маятника при массе инертного промежутка примерно равного 7 г, т.е. мы получили практически одинаковый результат, что указывает на возможность такого механизма влияния материала инертного промежутка на процесс детонации ВВ и развития взрыва в пассивном патроне.

#### Выводы.

1. установлен пульсирующий характер распространения детонации в пассивном патроне ВВ, отделенном от активного заряда инертным промежутком.
2. Обнаружено, что средняя скорость детонации заряда ВВ, патроны которого разделены инертными пересыпками, ниже скорости детонации заряда без инертных промежутков.
3. Скорость детонации ВВ в заряде падает значительно сильнее при увеличении толщины промежутков между патронами, а при критической толщине прекращается вообще.
4. Экспериментально установлена область аномального влияния инертного промежутка на параметры детонации ВВ пассивного патрона и величину осевого импульса взрыва заряда ВВ с инертным промежутком.
5. Установлено, что при отношении массы ВВ к массе инертного промежутка  $\frac{m_{BB}}{2M_u} < 14$  наблюдается усиление детонационной способности ВВ, которое выражается в возникновении пересжатого режима детонации ВВ и увеличении осевого импульса взрыва ВВ.

6. Предложена гипотеза сверхглубокого проникновения частиц материала инертного промежутка в ВВ пассивного патрона и многоточечного инициирования химической реакции высокоскоростными частицами по всему объему ВВ.

Дальнейшие исследования необходимо проводить в направлении изучения условий взаимодействия продуктов детонации ВВ и инертных тел на границе их контакта.



## Библиографический список

1. Гельфанд Ф.М., Манаев В.И. Исследование причин неполной детонации шпуровых зарядов предохранительных ВВ // Сб. Взрывное дело. – № 63/20.– М.: Недра, 1967.– С. 209-212.
2. Шевцов Н.Р., Калякин С.А., Рублева О.И. Исследование полноты и устойчивости детонации зарядов с инертными промежутками между патронами ВВ // Разработка рудных месторождений. Сб.научн.тр. КТУ.– Кривой Рог, 2006.– С. 75-79.
3. Баум Ф.А. Процессы разрушения горных пород взрывом // Сб. Взрывное дело.– №52/9.– М.: Недра, 1963.– С. 262-285.
4. Физика взрыва // Под ред. К.П Станюковича.– М.: Недра, 1975.– 704 С.
5. Андреев К.К., Беляев А.Ф. Теория взрывчатых веществ. – М.: Оборонгиз, 1960. – 595 с.
6. Шевцов Н.Р., Калякин С.А., Рублева О.И. Исследование полноты и устойчивости детонации зарядов с инертными промежутками между патронами // Разработка рудных месторождений: Научно-технический сборник. Кривой Рог: КТУ, 2006. – С. 75-79.
7. Лабинский К.Н., Лабинский Н.Н. Пути развития лабораторной базы для исследования быстротекущих процессов // Материалы международного научно-практического симпозиума. Вестник академии строительства Украины. Вып. 7. – Донецк: Норд-Пресс, 2006. – С. 132-138

© Калякин С.А., Лабинский К.Н., Рублева О.И., 2007

УДК 622.807

**БУЛГАКОВ Ю.Ф. (ДОННТУ), СЛИЗКО А.Г. («ДНЕПРГИПРОШАХТ», ДНЕПРОПЕТРОВСК), КАЮН А.П. (ОАО ШАХТА «КРАСНОАРМЕЙСКАЯ – ЗАПАДНАЯ №1»)**  
**ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ НОРМАЛИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ТРУДА ПО ПЫЛЕВОМУ ФАКТОРУ ПРИ ОТРАБОТКЕ ЛАВ ОБРАТНЫМ ХОДОМ**

*Рассмотрены вопросы пылеобразования в горных выработках и предложены способы снижения запыленности воздуха за счет применения орошения, создаваемого с помощью специальных распылителей. Приведены результаты сравнительных шахтных испытаний различных типов распылителей.*

На сегодняшний день одним из самых распространенных профессиональных заболеваний шахтеров являются заболевания органов дыхания пылевой этиологии. К ним относятся пневмокониозы, хронический бронхит, бронхиальная астма, хронический ринофаринголарингит, новообразования и др. Лечение указанных болезней является неотложной задачей профилактической медицины, а их предотвращение – важной задачей службы охраны труда угольных предприятий. Этим обусловлена актуальность данной статьи. Целью представленных исследований явилось изучение производственных процессов, сопровождающихся пылеобразованием и разработка научно-обоснованных мероприятий по нормализации условий труда шахтеров. Известно, что по способу образования шахтная пыль разделяется на аэрозоль дезинтеграции, образующуюся при механическом размельчении, дроблении и разрушении угля, а также аэрозоль конденсации, которая образуется при термических процессах возгонки твердых веществ и горении. По размерам пыль разделя-

ется на три класса: ультрамикроскопическая, размером менее 0,25 мкм, микроскопическая – от 0,25 до 10 мкм и крупная - более 10 мкм. Наиболее опасной для жизни человека является пыль первого и второго классов.

Наибольшее количество пыли образуется при отбивке угля и его насыпке на скребковый конвейер комбайнами, при передвижке секций механизированных крепей, при пересыпах угля с конвейера на конвейер в процессе транспортирования горной массы.

В шахтах, наиболее интенсивное пылеобразование наблюдается при работе очистных комбайнов, на долю которых приходится около 90 % всей пыли образующейся при ведении работ по добыче угля. Общее количество взвешенной пыли в процессе отбивки угля, складывается из вновь образованных частиц и частиц, находящихся в пустотах и трещинах пласта. Основная масса пыли образуется в зонах геологических нарушений пласта.

На сегодняшний день основным способом борьбы с пылью является орошение угля мелко диспергированной водой. Оно осуществляется с помощью специальных устройств - форсунок, предназначенных для подачи распыленной воды в места образования и распространения пыли. Для очистных комбайнов разработаны два способа подавления пыли - внутренний, при помощи оросителей, установленных на исполнительных органах и внешний с расположением оросителей на корпусе комбайна. При внутреннем орошении вода подается к режущим кромкам резцов и смачивает пыль до её перехода во взвешенное состояние, одновременно охлаждая резцы и борозды резания. Внешнее орошение служит дополнительной мерой и применяется для подавления взвешенной пыли, не смоченной при внутреннем орошении.

Для подавления пыли, образующейся при пересыпах в процессе транспортирования горной массы, для очистки от пыли исходящей из лавы струи воздуха применяются пылеподавляющие устройства с оросителями. Для подавления пыли, образующейся при передвижке секций механизированных крепей, на шахтах Украины средства пылеподавления практически не применяются. В качестве дополнительного снижения запыленности воздуха в очистных забоях существуют способы предварительного увлажнения угля в массиве [1, 2, 3, 4]. Эффективность пылеподавления при таком способе составляет 30 – 40 % при удельном расходе воды 10-20 л/т. Однако недостаток денежных средств и высокая стоимость оборудования стали причиной отказа от применения предварительного увлажнения угольного массива большинством шахт.

Авторами статьи сделана попытка решения данной проблемы и предложены пути минимизации затрат, связанных с пылеподавлением. На наш взгляд наиболее сложной задачей пылеподавления в угольных шахтах, является повышение эффективности снижения запыленности воздуха на главном источнике пылеобразования – очистном комбайне. Так называемый «внутренний» способ подавления пыли с установкой оросителей непосредственно на исполнительных органах комбайна имеет, на наш взгляд, хорошую перспективу. Как показали лабораторные испытания, при его применении происходит подавление всех фракций пыли на 94 %, а тонкодисперсных частиц на 88 %. Однако, для достижения таких результатов в лабораторных условиях требуется большое количество воды 25- 50 и более литров на одну тону угля при напоре ее у оросителей не менее 1,4 МПа.

Для серийных машин рекомендуемые параметры орошения приведены в таблице 1. [8].

На практике же в большинстве шахт Украины заводские оросительные устройства очистных и проходческих комбайнов с расположением оросителей непосредственно на исполнительных органах не используется в связи с недостаточной надежностью узлов подвода воды, большой частотой засорения оросителей из-за использования для орошения неочищенной шахтной воды.

Таблица 1. Параметры орошения

Объект или вид работы	Давление воды, МПа	Удельный расход воды, л/т
Выемочный комбайн на пластах:		
Антрацита	1,4-1,6	20-25
Каменных углей (при мощности пласта менее 0,7 м)	1,4-1,6	15-20
То же при мощности пластов (0,7-1,5)	1,4-1,6	20-40
При мощности пласта 1,5 м	1,4-1,6	30-40
Проходческий комбайн	1,4-1,6	30-50
Погрузочный пункт	0,4-0,6	5-10
Отбойка и погрузка угля в нишах	0,4- 0,6	5-10
Управление кровлей	0,4-0,8	5-10

Поэтому в некоторых, шахтах для орошения используют самодельные оросительные устройства в виде перфорированных металлических труб, которые располагаются непосредственно на корпусе комбайна [5]. С учетом химически агрессивного состава воды отверстия в этих трубах также достаточно быстро засоряются и закупориваются, вследствие чего на комбайне внешнее орошение работает не эффективно, или же комбайн остается вообще без орошения на какое-то время с последующей его остановкой и необходимостью производства ремонтных работ.

Основными причинами возникновения технических неисправностей при пылеподавлении в процессе работы очистного комбайна, являются:

- низкая надежность работы внутренней системы орошения;
- не эффективная работа внешней системы орошения;
- неудовлетворительное качество применяемой для орошения воды.

Кроме того, необходимо отметить, что применяемые виды орошения производятся с повышенным расходом воды, что приводит к излишнему переувлажнению угля и снижению его качества. В случаях выхода из строя, внутренней системы орошения на начальных стадиях работы комбайна, вода, используемая для охлаждения и орошения, принудительно сливается, создавая антисанитарные условия, ухудшая условия поддержания горных выработок из-за размокания боковых пород и почвы, затрудняя транспортировку угля.

Поэтому, на наш взгляд, целесообразно обратить внимание на внешнее орошение, и рассмотреть возможности по повышению его эффективности. Для этого в первую очередь предлагается улучшить качество применяемой для орошения воды, путем установки дополнительно к фильтру типа ФШ, местного фильтра с облегченным способом обслуживания. Во вторую очередь, снизить расход воды в допустимых пределах, что, возможно осуществить за счет значительного увеличения удельной поверхности воды (увеличить дисперсность капель) и рассчитать параметры средств пылеподавления.

Вместе с тем, определить необходимые параметры пылеподавления без анализа и определения параметров источников пылеобразования невозможно.

Указанные источники характеризуются следующими показателями:

- удельный выход пыли, определяемый из выражения (1):

$$g = \frac{(n_1 - n_0) \times Q}{1000A}, \quad (1) [6],$$

где  $n_1$  – средняя запыленность воздуха у источника пылеобразования со стороны исходящей струи, мг/м<sup>3</sup>;  $n_0$  – средняя запыленность воздуха у источника пылеобразования со стороны входящей струи, мг/м<sup>3</sup>;  $Q$  – количество поступающего к источнику пылеобразования воздуха, м<sup>3</sup>/мин;  $A$  – производительность машины, м<sup>3</sup>/мин;  $g$  – интенсивность пылеобразования, определяется по известной формуле:

$$q = \frac{(n_1 - n_0) \times Q}{1000}, \quad (2) [6],$$

где  $n_1$  – средняя запыленность исходящей струи воздуха, мг/м<sup>3</sup>;  $n_0$  – средняя запыленность входящей струи воздуха, мг/м<sup>3</sup>;  $Q$  – количество воздуха поступающего для проветривания выработки, м<sup>3</sup>/мин.

Удельный выход пыли и интенсивность пылеобразования рассчитываются по формулам 1 и 2 после проведения необходимых замеров в установленных местах приборами ИЗША.

Количество частиц пыли в одном кубическом метре воздуха определяется по формуле:

$$N_1 = \frac{g}{m_1}. \quad (3) [7]$$

где  $m_1 = P (3/4) \times \Pi r_1^3$  – масса одной частицы пыли, г;  $P = 1,4 \times 10^3$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $r_1 = 10^{-5}$  – приведенный радиус частицы угольной пыли, м.

Данные, полученные при подсчете количества пыли в единице объема воздуха позволяют определить их количественную зависимость с последующей группировкой по количественным и качественным показателям.

Концентрация капель воды  $V$ , скорость капель  $v_{ig}$  и зависящий от нее коэффициент захвата  $E_{ij}$ , определяется параметрами факелов оросителей. Эти величины были определены нами экспериментальным путем.

Известно, что увеличение удельной поверхности зависит от степени дисперсности жидкости, то есть от диаметра капель. Поэтому, зная средний диаметр капли факела оросителя (например, центробежного тонкодисперсного – 137 мкм), его производительность, можно определить усредненное количество капель воды в факеле оросителя, которое должно подчиняться следующему неравенству:

$$N_1 < N_2$$

где  $N_1$  – количество частиц пыли;  $N_2$  – количество капель воды.

На основании этого неравенства определяется количество факелов оросителя.

Определение вышеперечисленных параметров источников пылеобразования дает возможность не только определить параметры средств пылеподавления, но и разработать предложения по повышению их эффективности за счет следующих мероприятий:

- увеличения концентрации распыленной жидкости;
- увеличения относительной скорости движения капель и пылевых частиц;
- увеличения удельной поверхности распыленной жидкости;
- увеличения времени взаимодействия капель жидкости и пылевых частиц.

Для отработки рациональных параметров новых распылителей в период с 17 января по 15 марта 2007 года были проведены сравнительные испытания средств пылеподавления очистного комбайна КДК500 в 16<sup>ой</sup> восточной лаве пласта С<sub>11</sub> ОП «Шах-

та «Южнодонбасская №3». В испытаниях приняли участие сотрудники МакНИИ, института «Донгипроуглемаш», Государственной горнотехнической инспекции, санэпидемстанции, специалисты завода-изготовителя, угледобывающих предприятий. Отбор проб и замеры концентрации пыли проводились горноспасателями ОВГСО. В результате проведенных испытаний было установлено, что разработанные авторами распылители в 1,7-2 раза эффективнее типовых, применяемых на шахте.

Проблемы пылеподавления при транспортировании отбитой горной массы и при очистке исходящей струи воздуха возникают из-за плохого качества воды и использования оросителей с низкой удельной поверхностью жидкости и большим расходом жидкости. Решить задачу повышения качества воды возможно способом, аналогичным способу подачи ее на комбайн. С этой целью нами рекомендуется применять специально изготовленную систему пылеподавления, с пультом управления, регулятором давления воды, пусковым механизмом и как предлагалось выше, с установленным местным фильтром, позволяющим дополнительно очищать воду. Фильтр с облегченным способом обслуживания позволяет быстро проводить ремонтно-профилактические работы.

Задача снижения расхода воды может быть решена за счет значительного увеличения удельной поверхности воды, путем выбора оросителей с наиболее подходящими параметрами (радиусом захвата, диаметром капель и их количеством, позволяющим связывать частицы пыли), а так же выбором оптимального количества оросителей.

Экспериментально установлено, что с целью рационального использования распыленной мелко диспергированной воды при пылеподавлении на пересыпах ленточных конвейеров, оросители целесообразно размещать на водораспределителе. При этом угол наклона оросителя должен быть равен углу наклона пересыпа.

Эффективность пылеподавления при транспортировании отбитой горной массы, при очистке исходящей струи воздуха, с использованием вышеуказанных средств пылеподавления, подтверждена применением на практике в ряде шахт, таких как ОАО «УК «Шахта «Красноармейская Западная №1», АП «Шахта им. А.Ф. Засядько». Замеры запыленности воздуха, проведенные работниками ОВГСО подтвердили повышение эффективности пылеподавления в 3 – 4 раза, по сравнению с типовыми средствами, применяемыми на шахте. При этом отмечена их значительная надежность и отсутствие сбоев в работе, что дает возможность рекомендовать их для широкомасштабного применения в шахтах Украины.

#### **Библиографический список.**

1. В.Н. Павлыш, С.С. Гребенкин. Физико-технические основы процессов гидравлического воздействия на угольные пласты.- Донецк- «ВИК».-2006.-268с.
2. Скочинский А.А. Нагнетание воды в угольный пласт как эффективное средство пылеподавления при выемке угля // Уголь.-1956.-№8.-С.31-34.
3. Бурчаков А.С. , Панов Г.Е. Предварительное увлажнение угольных и породных массивов.- М: Недра, 1963.-73с.
4. Пылеподавление путем нагнетания растворов и эмульсий в угольные пласты/ В.П. Журавлев, И.Г. Ищук и др.- М: ЦНИИЭИуголь, 1973.-72с.
5. Э.Медведев, О. Кошуба, Б. Кривохижа, С. Крутенко. Чистый четверг. Спецвыпуск №3-4 декабрь 2004г.
6. Л. Быков, А. Ксенофонтова Справочник по рудничной вентиляции, Москва, 1962г.
7. Эффективность пылеподавления. В. Гого. Журнал «Уголь Украины».-№4 2006г.- С.34-36.
8. И.Г. Ищук, Г.А. Поздняков. Средства комплексного обеспыливания горных предприятий. Справочник.- Москва «Недра».-1991г.-253с.

**БУЛГАКОВ Ю.Ф., МЕЛЬНИКОВА Я.В., ЧИСТЮХИН В.В. (ДОННТУ)  
РЕЗУЛЬТАТЫ ШАХТНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЛИЯНИЯ  
РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВОДЯНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОВЕТРИВАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

*Рассмотрены особенности проветривания горных выработок при работе водяных средств пожаротушения. Установлена зависимость коэффициента аэродинамического сопротивления от параметров работы водяной установки ВВР-1.*

Цель шахтных экспериментальных исследований – определение возможности опрокидывания вентиляционной струи при работе водяных средств пожаротушения, а также оценка количественных соотношений между расходом воздуха в выработке и параметрами работы водяной установки.

Методика проведения экспериментов базировалась на известных положениях теории подобия и планирования экспериментов, а также на результатах проведенных теоретических исследований. Предварительно, как это принято в инженерной практике, дорогостоящим и трудоемким шахтным экспериментам предшествовала серия лабораторных экспериментов по определению влияния водяных средств локализации и тушения подземных пожаров на режим проветривания аварийных участков. Они показали, что применяемые в настоящее время водяные установки ВВР-1 могут существенно влиять на режим проветривания, вплоть до опрокидывания вентиляционной струи. Степень этого влияния зависит от параметров работы водяной установки, а также совпадения или не совпадения направления воздушной и вентиляционной струй.

Натурные эксперименты проводились в шахте ГВГСС Украины, схема горных выработок которой представлена на рис. 1.

Шахта вскрыта наклонным стволом, проветривается вентиляторной установкой типа ВОКД-1.5. Выработки закреплены металлической арочной крепью с железобетонной затяжкой. В шахте имеются две очистные выработки – одна крутого падения (восточная лава пл. к<sub>7</sub>) и одна пологого падения (западная лава пл. к<sub>7</sub>). Эксперимент проводился на восточном откаточном штреке пл. к<sub>7</sub> на участке от водосборника до лавы крутого падения. К подготовке и проведению экспериментов привлекалось отделение горноспасателей УО ВГСО. Поперечное сечение выработки в месте замеров составляло 8 м<sup>2</sup>.

Как было отмечено ранее, целью шахтного эксперимента являлась оценка влияния работающих средств пожаротушения на проветривание аварийной выработки. В данном случае рассматривался винтовой водоразбрызгиватель ВВР-1, находящийся на вооружении подразделений ГВГСС и применяющийся для создания водяных завес на пути распространения пожара. Расход воды через один разбрызгиватель при давлении 0,4 ... 0,7 МПа составляет 15-21 м<sup>3</sup>/час. Ширина факела распыляемой воды при давлении 0,4 МПа составляет 6...7 м. Таким образом в выработке с площадью поперечного сечения 8 м<sup>2</sup> при ее ширине 3,6 м, один ВВР-1 надежно перекрывает ее.

Эксперимент математически планировался, поскольку решение поставленной задачи обычными методами, например методом экстремальных экспериментов, потребовал бы проведения большого количества опытов. Поэтому мы сочли целесообразным применить метод, основанный на построении математической модели процесса, описывающий искомую зависимость.

Для построения модели был использован Д-оптимальный план второй степени [1, 2]. Этот план минимизирует объем эллипсоиды расстояния вектора оценок коэффициентов уравнения регрессии, который пропорционален корню квадратному из определителя дисперсной матрицы.

Точные Д-оптимальные планы, т.е. планы заданные с помощью матрицы  $x$  размером  $N \times n$  (табл. 3.3.1), где  $n$  – количество варьируемых переменных,  $N$  – количество экспериментов, строятся на основании непрерывного Д-оптимального плана, заданного на области и не содержащего конкретного числа точек. Для определения ошибки эксперимента в нескольких точках плана, выбранных случайным образом, его необходимо провести 3-4 раза.

Винтовой водоразбрызгиватель ВВР-1 с помощью специальных винтовых зажимов закреплялся на борту вагонетки и пожарным рукавом соединялся с краном на пожарноросительном трубопроводе, вода в который подавалась из водосборника насосом ЦНС-10. Замеры расхода воздуха в выработке производились в 6 м за вагонеткой по ходу вентиляционной струи.

Табл. 1. Наименование факторов и уровни их варьирования.

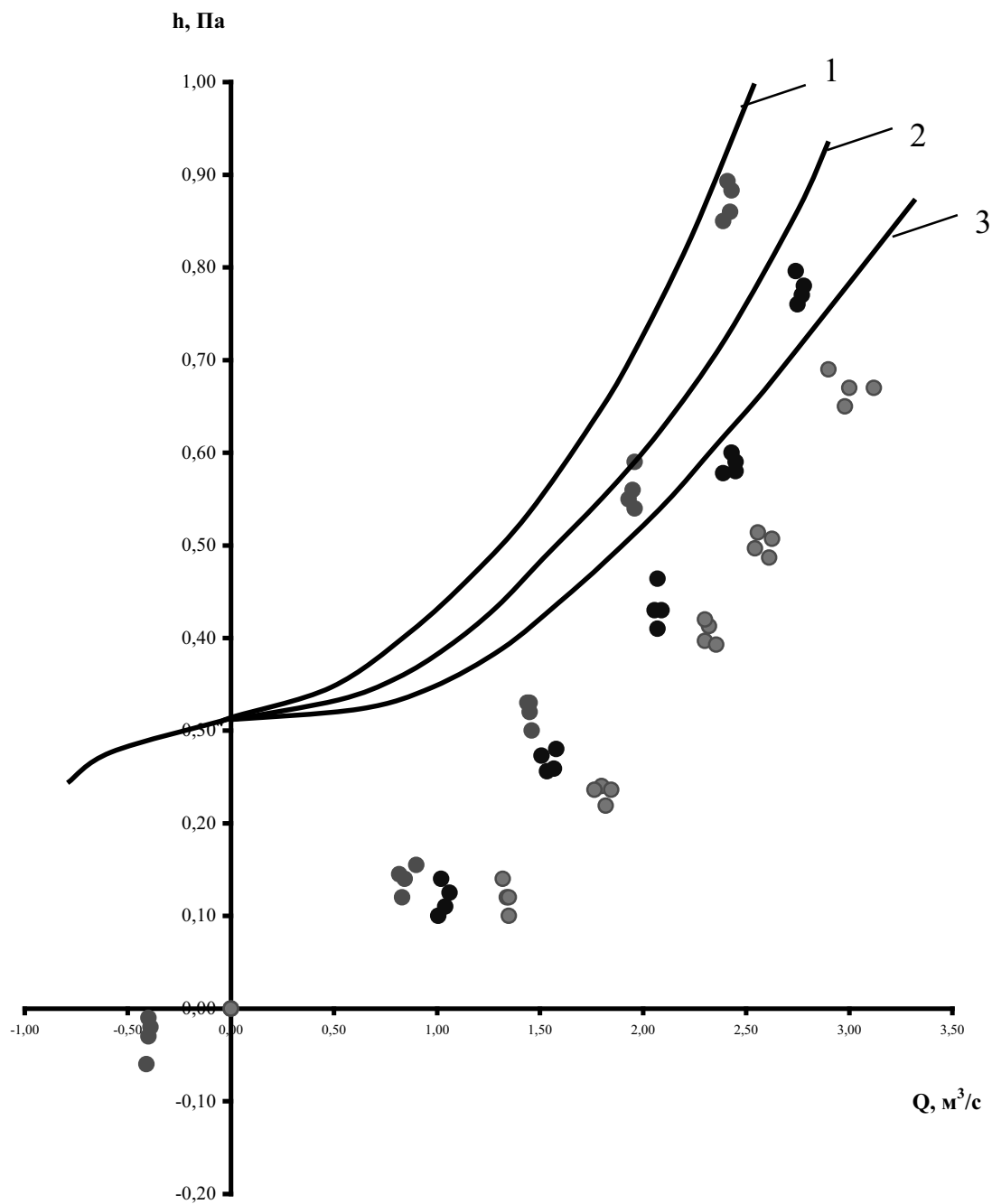
№ пп	Наименование факторов	Обозначение	Размерность	Уровни варьирования		
				1	2	3
1	Расход воздуха в выработке при не работающем ВВР-1	$Q_0$	$\text{м}^3/\text{с}$	1	2	3
2	Расход воздуха при работе ВВР -1 против хода струи воздуха	$Q_1$	$\text{м}^3/\text{с}$	0	1	3
3	Расход воздуха при работе ВВР-1 по ходу вентиляционной струи	$Q_2$	$\text{м}^3/\text{с}$	1	2	3

Оценка влияния работающего ВВР-1 производилась при четырех различных режимах работы вентилятора главного проветривания, а также при его полной остановке, когда проветривание шахты осуществлялось только за счет естественной тяги. Для получения достоверных результатов при каждом режиме работы ВВП производились 4 замера при распылении воды ВВР-1 как по ходу вентиляционной струи, так и навстречу воздушному потоку.

Средние значения результатов замеров по каждому режиму приведены в табл. 2 и графике рис.2.

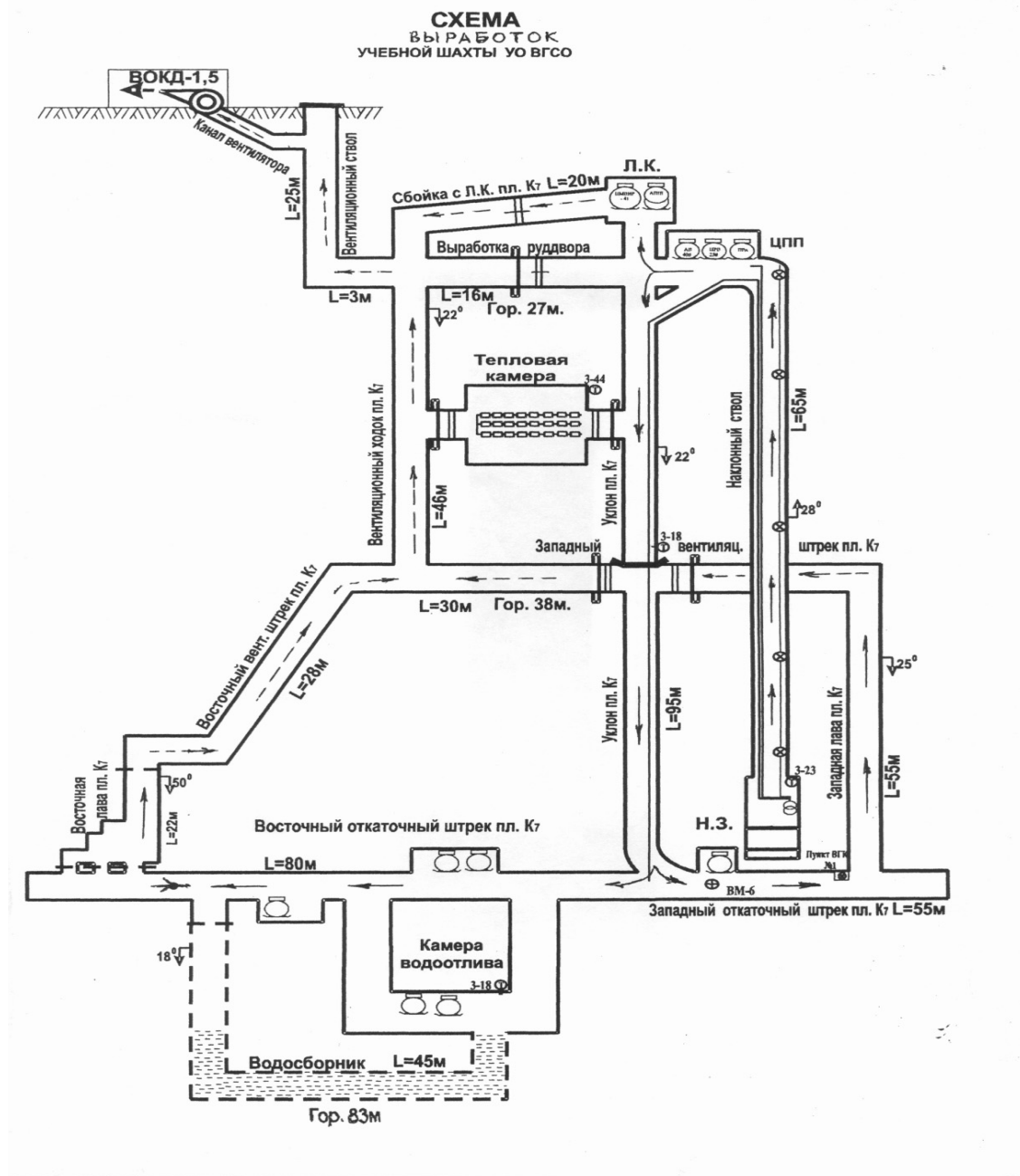
Табл. 2 Расход воздуха и депрессии в выработке, при давлении воды в трубопроводе 0,5 Мпа,  $q_{\phi}=4,7 \text{ м}^3/\text{с}$ .

№ опыта	Режим работы ВВР-1					
	ВВР-1 не работает		ВВР-1 работает против струи воздуха		ВВР-1 работает по ходу движения воздуха	
	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$h, \text{ Па}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$h, \text{ Па}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$h, \text{ Па}$
1	3,00	0,67	2,41	0,87	2,76	0,78
2	2,59	0,50	1,95	0,56	2,43	0,59
3	2,32	0,41	1,45	0,32	2,07	0,43
4	1,81	0,24	0,85	0,14	1,55	0,27
ВВП выкл.	1,34	0,12	-0,31	-0,03	1,03	0,12



**Рис. 2.** Аэродинамические характеристики выработки при различных режимах работы ВВР-1: 1 – при работе ВВР-1 на встречу потоку воздуха; 2 – характеристика сети при отключенном ВВР-1; 3 – при работе ВВР-1 по ходу вентиляционной струи.





**Рис. 1** Схема расположения горных выработок шахты ВГСС.

Достоверность полученных экспериментальных данных обеспечивается проведением исследований с использованием современной измерительной аппаратуры и выполнением условий по ее тарировке и эксплуатации. Полученные экспериментальные данные обрабатывались с использованием общепринятых статистических методов. Проверка статистических гипотез осуществлялась с вероятностью 95%.

Из графика рис. 2 следует, что по мере уменьшения начального расхода воздуха в выработке возрастает степень влияния работающего ВВР-1 на ее проветривание. Кроме того, при  $Q_0 = 1,04 \text{ м}^3/\text{с}$  струя опрокинулась.

Таким образом, в результате выполненных лабораторных исследований [3] было получено эмпирическое выражение для определения расхода воздуха в выработке после включения водоразбрызгивателя. При этом расчеты, выполненные по этой формуле с учетом материалов ранее выполненных депрессионных съемок показывают, что струя может

опрокинуться при  $Q_0 = 1,52 \text{ м}^3/\text{с}$ . Материалы шахтного эксперимента показывают, что при выключенном ВГП струя должна была опрокинуться при  $Q'_0 = Q_0 + |Q_1| = 1,04 + 0,44 = 1,48 \text{ м}^3/\text{с}$ . Можем сделать заключение, о том, что результаты лабораторных и шахтных экспериментов практически совпадают.

### Библиографический список

1. Бродский В.З. Многофакторные регулярные планы. – М.: Издательство МГУ, 1972, 217 с.

2. Карягина Н.В. Регрессионный анализ с неравномерным дублированием эксперимента. / Информ. Бюлл. ВИТИЦентра АН СССР. Алгоритмы и программы. ИР14.2 (Фор-тран) ПО 2221, 1977. - № 2. – 50 с.

3. Мельникова Я.В., Чистюхин В.В. Экспериментальное определение параметров вентиляционной сети при работе средств локализации экзогенных пожаров. Геотехнологии и управление производством 21 века. Монография, т. №1 – Донецк, ДонНТУ. – С.165-169.

© Булгаков Ю.Ф., Мельникова Я.В., Чистюхин В.В, 2007

УДК 622.807

**БУЛГАКОВ Ю.Ф. (ДОННТУ), СЛИЗКО А.Г. («ДНЕПРОГИПРОШАХТ», ДНЕПРОПЕТРОВСК), КАЮН А.П. (ОАО «УК «ШАХТА «КРАСНОАРМЕЙСКАЯ - ЗАПАДНАЯ №1»)**

### **ВЛИЯНИЕ КАВИТАЦИИ НА РАБОТУ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ШАХТНОЙ СИСТЕМЫ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ**

*В статье приведен краткий обзор состояния мер по борьбе с запыленностью воздуха в шахте. Рассмотрены вопросы определения критических параметров возникновения кавитации в процессе работы распылителей. Приведены результаты экспериментальных исследований по определению причин ее возникновения и негативного влияния на элементы конструкции распылителей. Даны предложения по снижению негативного влияния кавитации на проходные каналы распылителей.*

Авторами статьи, начиная с 2001 года по настоящее время, проводятся экспериментальные исследования, направленные на улучшение условий труда и состояния промышленности на угольных предприятиях. При этом особое внимание уделяется вопросам пылеподавления с использованием распыленной жидкости, изучению механизма работы распылительных устройств и совершенствованию их конструкции.

Мировая горная наука накопила огромный теоретический потенциал в изучении структуры воды, ее свойствах, возможности использования, в том числе и для борьбы с пылью. Гейер В.Г., Бойко Н.Г., Альтшуль А.Д., Бетчер Р., Криманоле В., Бэтчелор Дж., Ларсен Т., Кошуба О.И., Козлюк А.И. [1], Крутенко С.А. [2], вот далеко неполный список крупнейших ученых занимавшихся теорией, экспериментальными исследованиями, вопросами практического применения свойств воды.

На базе фундаментальных научных исследований институтами МакНИИ, Донгипроуглемаш, НИИГД создано множество типов распылителей, форсунок, оросителей для борьбы с пылью в угольных шахтах. Для стандартизации систем орошения МакНИИ разработан параметрический ряд унифицированных оросителей.

В восьмидесятые годы прошлого столетия наметилась и сохраняется до настоящего времени тенденция увеличения давления воды у оросителей с  $1^{10}$  до  $3^x$  МПа. При таком давлении скорость выхода струи из оросителя повышается примерно с 10 до 30 м/с, что, по мнению авторов должно повысить эффективность «захвата» тонкодисперсных частиц

пыли каплями воды. В шахтах Германии эффективность подавления пыли размером менее 2 мкм составляет до 90% при давлении 2 МПа.

Для выемочных участков шахт институтом Донгипроуглемаш были разработаны типовые оросительные системы с расходом воды от 100 до 200 л/мин.

Для повышения эффективности орошения при работе шнековых комбайнов институтом Донгипроуглемаш совместно с заводом «Горловский машиностроитель» разработана внутренняя система пылеподавления и борьбы с фрикционным искрением с подачей воды через насадку, вмонтированную в кулачок с направлением струи воды непосредственно на зубок, с расходом 1 л/мин на одну насадку.

Однако практический опыт указывает на необходимость оптимизации расхода воды, во многих случаях научно обоснованного сокращения ее расхода за счет рационального использования. Так, если принять коэффициент машинного времени комбайна 0,5, то оросительная система, разработанная институтом «Донгипроуглемаш» должна израсходовать за смену 36000 л воды.

Система подачи воды под зубок при наличии 104 кулачков на двух шнеках израсходует 18720 л воды в смену.

Такой расход воды на орошение практически не реален и зачастую вреден, так как, способствует размоканию почвы выработок, что может вызвать пробуксовку барабанов ленточных конвейеров, а с учетом расчетной зависимости количества воды на орошение и охлаждение, создать при определенных условиях, проблемы с охлаждением агрегатов комбайна.

В то же время, считаем, не целесообразным сокращать расход воды за счет уменьшения количества оросителей. Это приводит к сокращению зоны пылеулавливания и как следствие к снижению эффективности пылеподавления.

Как видим, на сегодняшний день в Украине проблема борьбы с пылью остается весьма актуальной и ее решению посвящен целый ряд исследований.

Так по данным МакНИИ [3], запыленность воздуха в шахтах в рамках государственных предприятий за десятилетний период остается практически постоянным. Зарубежный опыт показывает, что не смотря на достигнутые результаты по повышению эффективности пылеподавления учеными ведется поиск новых направлений. Так, например, немецкими специалистами – Михаэлом Кракхеке и Раинером Финкербут была разработана и внедрена система орошения водяным туманом на машины типа AM105, AM105G, AM85, ESA-6-L, E250Q, позволившая снизить расход воды на проходческих комбайнах от 100л/мин до 35 л/мин [4].

Оптимизация расхода воды при пылеподавлении является весьма актуальной проблемой, требующей постоянного поиска технических решений, основанных на научных и экспериментальных исследованиях, позволяющих, с учетом специфики исследуемых процессов, решать вопросы создания более эффективных средств пылеподавления.

Одним из таких элементов является исследование работы распылителей используемых в пожарно-оросительной системе трубопроводов.

В реальных условиях прокладка трубопроводов осуществляется по горизонтальным, наклонным, вертикальным выработкам трубами различных диаметров, в 79%, используемых повторно. Повторное использование труб при отсутствии технической возможности их качественной очистки, является одной из причин загрязнения подаваемой воды, оказывает влияние на обеспечение необходимых гидравлических параметров. За время проведения исследований авторами установлена следующая закономерность; в течении 2-х месяцев работы стенки водораспределителя системы пылеподавления изготовленные из трубы диаметром  $d \frac{3}{4}$ ", запитанного от стального пожарно-оросительного трубопровода диаметром  $d 6$ ", оборудованного фильтром типа ФШ и местным фильтром с сеткой 50 Меш покрываются с внутренней стороны гладким равномерным налетом небольшой толщины, не превышающей 1 мм, что позволяет работать пылеподающему устройству системы в течении 1 года без капитальной чистки.

В случае работы пылеподавляющего устройства, запитанного от оцинкованного пожарно-оросительного трубопровода диаметром  $d 6''$ , работающего без фильтра типа ФШ, с местным фильтром и сеткой, стенки трубы водораспределителя  $d 3/4''$  покрываются налетом также как и в первом случае.

При работе пылеподавляющего устройства, запитанного от стального пожарно-оросительного трубопровода  $d 6''$ , и не имеющего фильтра, стенки трубы водораспределителя  $d 3/4''$ , «зарастают» через 2 месяца и требуют капитальной очистки.

Экспериментальные наблюдения проводились в течение 2005 - 2006 годов на шахте «Трудовская» ш/у «Трудовское» с использованием неочищенной шахтной воды. В результате был сделан вывод, о том, что загрязненность подаваемой по пожарно-оросительному трубопроводу воды является одной из причин, способствующей возникновению кавитации в арматуре пожарно-оросительной системы, в том числе и в самом распылителе.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями кавитационных характеристик занимались в нашей стране и за рубежом известные ученые, такие как Р. Кнепп [5], В. Рахмейер [6], В.Бауман [7], Т.М. Башта [8], Ющенко [9], Э.С. Арзуманов Э.С. [10], и другие.

Ю.Н. Ющенко разработан метод определения критических параметров кавитации в регулируемой трубопроводной арматуре [9].

Одной из задач поставленных авторами, было проведение исследований по изучению условий возникновения кавитации при работе пылеподавляющих устройств с распылителями в шахте, определение их негативных последствий на систему пылеподавления и способов предотвращения таких последствий.

Распылители, применяемые для диспергирования жидкости в условиях шахты, создают сложные гидравлические сопротивления, при которых поток жидкости претерпевает сжатие, расширение, повороты, разделение, слияние. При этом могут создаваться условия, при которых давление жидкости становится равным давлению парообразования, что обуславливает появление кавитации (рис. 1).

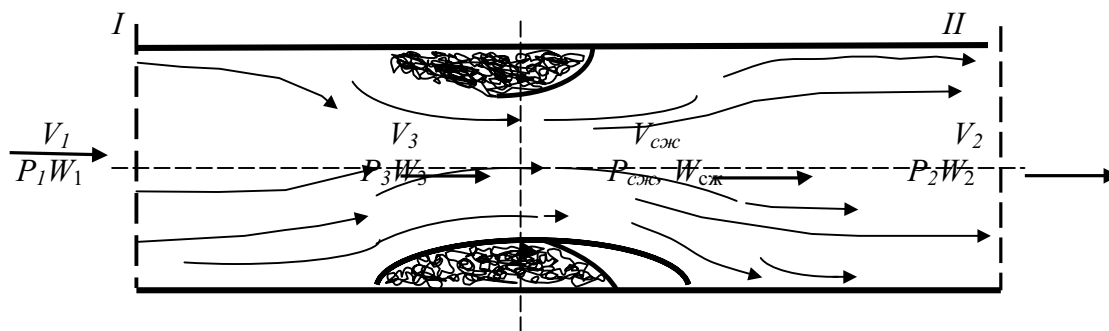


Рис. 1 Схема истечения жидкости через распылитель

Первые признаки кавитации проявляются тогда, когда критерий  $\chi$  становится меньше некоторого критического значения  $\chi_{кр}$ , лежащего обычно в интервале  $0,35 < \chi_{кр} < 1,0$ .

На основании результатов исследований описанных в работе [10], критическое число кавитации зависит от площади сечения входного отверстия  $W_1$ , суммарного сечения тангенциальных сечений  $W_T$  и коэффициента сжатия струи  $\varepsilon$  и определяется по формуле:

$$\chi_{кр} = \frac{\omega_1^2}{\omega_T^2 \cdot \varepsilon^2} - 1, \quad (1)$$

Когда критерий  $\chi$  становится меньше  $\chi_{кр}$ , в зоне отрицательного давления возникают мельчайшие каверны, наполненные воздухом или парами, захлопывающихся с шумом, как

только поток выносит их снова в область повышенного давления. Этот тип потока принят в качестве режима начальной кавитации. В дальнейшем по мере уменьшения числа  $\chi$ , кавитационные пузырьки сливаются в общую полость, которую принято назвать «каверной».

Учитывая, что зависимость (1) являясь эмпирической, определяемой на гидравлическом стенде достаточно сложным методом, требующим измерения давления в зоне кавитации, то, зная значения коэффициента гидравлического сопротивления, можно предложить более простой метод [5], при котором определение уровней кавитации на основании параметра кавитационного состояния потока определяется значением величины  $\delta$  по формуле:

$$\delta = \frac{P_1 - P_{н.н}}{P_1 - P_2}, \quad (2)$$

где  $P_1$  - начальное давление на входе;  $P_2$  - абсолютное давление на выходе в камеру захвата.  $P_{н.н}$  - давление насыщенных паров.

На наш взгляд, целесообразно оценивать кавитационные свойства распылителя с помощью коэффициента начала кавитации  $K_c$  и коэффициента кавитации  $K_m$ .

Коэффициент  $K_c$  соответствует моменту, когда зависимость расхода от перепада давления начинает отклоняться от квадратичного закона, т.е. моменту развития кавитации.

Численно коэффициент  $K_c$  представляет собой отношение перепада давлений, при котором начинается указанное отклонение, к разности давления набегающего потока и давления насыщенных паров жидкости [5].

$$k_c = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_{н.н}} = \frac{1}{\delta}, \quad (3)$$

Коэффициент  $K_m$  соответствует развитой стадии кавитации и характеризует перепад давлений, при котором расход достигает своего предельного значения. Величина  $K_m$  определяется аналогично  $K_c$ , в числитель формулы подставляется величина перепада давлений, при котором прекращается прирост расхода.

Число кавитаций связано с коэффициентом  $K_c$  соотношением

$$K_c = \frac{\xi_1}{\chi}, \quad (4)$$

где  $\xi_1$  - суммарный коэффициент сопротивления от входа в кольцевой коллектор до его сжатия в тангенциальных каналах.

Определенную роль в развитии кавитации играет поверхностное натяжение жидкости  $G$  [6].

$$G = \frac{G_0 N_0 \rho_x}{N \rho_k}, \quad (5)$$

где  $G_0$  и  $N_0$  - поверхностное натяжение и число капель стандартной жидкости (дистиллированной воды), соответственно;  $G$  и  $N$  - поверхностное натяжение и число капель исследуемой жидкости (шахтной воды);  $\rho_x$  и  $\rho_k$  - плотность, соответственно исследуемой жидкости и дистиллированной воды.

В других случаях решающее влияние могут оказать следы растворенных примесей, поверхностная электризация, степень турбулентности. В условиях шахты особенно характерно влияние поверхности загрязнения.

При образовании в распылителе отрицательного давления, превышающего по абсолютной величине прочность жидкости на разрыв, т.е. то, наибольшее отрицательное давление, которое жидкость способна выдержать без образования пустот, неразрывность движения нарушается и возникают пустоты, заполненные парами жидкости.

Прочность воды на разрыв (ее теоретический максимум – 3250 кг/см<sup>2</sup>) зависит от краевого угла смачивания жидкостью окружающих ее твердых поверхностей. Величина угла зависит от степени загрязнения поверхности. При малейших загрязнениях (а с учетом реального загрязнения шахтных пожарно-оросительных трубопроводов, загрязнение каналов распылителей неизбежно), значение этого угла падает до 0°. Текущее значение краевого угла определяется по формуле:

$$\cos \theta_0 = \frac{G_{T.G} - G_{T.жс}}{G_{жс.г}}, \quad (6)$$

где  $G_{тг}$ ,  $G_{тжс}$ ,  $G_{жсг}$  - поверхностное натяжение на границах раздела твердое тело – газ, твердое тело – жидкость, жидкость - газ.

Поток жидкости в распылителе движется в направлении из кольцевого коллектора  $\left(\frac{V_1}{P_1 \omega_1}\right)$  через тангенциальные каналы  $\left(\frac{V_3}{P_3 \omega_3}\right)$  в камеру завихрения  $\left(\frac{V_2}{P_2 \omega_2}\right)$ .

Проходя через тангенциальные каналы, струя жидкости сжимается и на некотором расстоянии от них приобретает наименьшую площадь сечения ( $W_{сжс}$ ), а следовательно, наибольшую скорость ( $V_{сжс}$ ) и наименьшее давление ( $P_{сжс}$ ).

Процессы течения жидкости через тангенциальные каналы сходны с процессами течения жидкости в редуционном клапане [7]. Установлено, что кавитация в потоке жидкости, проходящей через тангенциальные каналы начинается при снижении давления в этом сечении до критической величины ( $W_{сжс}$ ). Следовательно, можно считать, что суммарное проходное сечение тангенциальных каналов  $W_3$  будет равно критическому  $W_{3кр}$ , если  $P_{сжс} = P_{кр}$ .

Очевидно, кавитация в потоке начинается при минимальном давлении, равном давлению насыщенных паров ( $P_{нт}$ ) при данной температуре [8].

$$K_c = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_{нт}}, \quad (7)$$

где  $K_c$  - коэффициент начала кавитации.

Критическая площадь сжатого сечения струи за тангенциальными каналами, при которой в распылителе начнут проявляться кавитационные явления определится следующей зависимостью [9].

$$\omega_{сж.кр} = \omega_3 \varepsilon = \frac{\omega_2 B(1 - \kappa_c)}{B + \sqrt{B^2 + B(\kappa_c - 1)(2B + \kappa_c - 1)}}, \quad (8)$$

где  $B = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2$ .

Решив уравнение (7) относительно  $P_{сж}$  (давление в сжатом сечении струи), получим:

$$P_{сж} = P_1 - (P_1 - P_2) \cdot \frac{\omega_1^2 - \omega_{сж}^2}{B(\omega_2 - \omega_{сж})^2 + (B - 1)\omega_{сж}^2}, \quad (9)$$

$$\omega_{сж} = \omega_3 \cdot \varepsilon, \quad (10)$$

где  $\varepsilon$  - коэффициент сжатия струи.

$$\text{Условия, исключающие кавитацию } P_{сж} > P_{н.п} \quad (11).$$

Тогда в соответствии с [9].

$$\frac{P_2}{P_1} > 1 - \frac{B(\omega_2 - \omega_3 \varepsilon)^2 + (B - 1)\omega_3 \varepsilon}{\omega_1^2 - \omega_3^2 \varepsilon^2}, \quad (12)$$

Это неравенство выражает предельные соотношения давлений камеры завихрения к кольцевому коллектору при условии отсутствия кавитации.

Анализ зависимости (9) показывает, что при уменьшении поперечного сечения тангенциальных каналов распылителя, давление в зоне сжатия струи стремится к пределу:

$$\lim P_{сж} = P_1 - (P_1 - P_2) \frac{\omega_1^2}{B\omega_2^2} = P_2,$$

то есть, давление в зоне сжатия струи  $P_{сж}$  стремится к давлению на выходе  $P_2$ .

При увеличении площади поперечного сечения сжатой струи до своего предела  $W_1$ , давление  $P_{сж}$  стремится достичь значения входного давления  $P_1$ .

Давление в зоне сжатия струи является функцией пяти независимых величин:  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ ,  $P_1$  и  $P_2$ . Поэтому влияние отдельной независимой переменной на давление  $P_{сж}$  может быть оценено с помощью анализа зависимости (7). Так, при уменьшении площади поперечного сечения кольцевого коллектора  $W_1$ , давление  $P_{сж}$  уменьшается и в конечном итоге может достигнуть значения  $P_{н.п}$ .

К снижению давления  $P_{сж}$  приводит уменьшение площади выходного поперечного сечения камеры завихрения ( $W_2$ ) и выходного давления ( $P_2$ ), увеличение площади поперечного сечения тангенциальных каналов  $W_3$  и входного давления  $P_1$  [10].

Для проверки теоретических гипотез и определения влияния кавитации на работу распылителей на полигоне института «Донгипроуглемаш», а затем в 1<sup>ой</sup> северной лаве блока 1 и в подготовительном забое 7<sup>ой</sup> южной бортовой выработке блока : ОАО «УК «Шахта «Красноармейская Западная №1» в течение 2003-2004 г.г. были проведены экспериментальные исследования. Эксперименты проводились по стандартной методике.

Работа распылителей исследовалась в пяти режимах.

Первый режим соответствовал неравенству (10), было соблюдено условие ( $P_{сж} > P_{н.п}$ ) исключающее кавитацию. На распылитель вода подавалась под давлением 1,2 Мпа. В состав пылеподавляющего устройства входили: дополнительный фильтр вторичной очистки воды и регулятор давления.

При работе во втором режиме была уменьшена площадь поперечного сечения кольцевого коллектора  $W_1$  распылителя перекрытием одного из четырех каналов подачи воды. В этом режиме давление  $P_{сж}$  за тангенциальными каналами снизилось.

При работе в третьем режиме была уменьшена площадь выходного поперечного сечения камеры завихрения распылителя, путем внедрения в камеру дугообразной металлической скобы площадью  $\frac{1}{4}$  площади камеры завихрения. В этом режиме давление  $P_{сж}$  за тангенциальными каналами снизилось, как и во втором режиме.

При работе в четвертом режиме была увеличена площадь поперечного сечения тангенциальных каналов распылителя, путем увеличения их диаметров с 2 до 2,5 мм. В этом режиме, как и во втором и в третьем, наблюдалось снижение давления  $P_{сж}$ .

При работе в пятом режиме подавалось входное давление 2 Мпа. В этом режиме, как и в предыдущих случаях, было отмечено низкое давление  $P_{сж}$ .

В первом случае мы наблюдали устойчивый водяной факел, формирующий тонкий равномерный капельный слой с более крупными каплями по флангам с уменьшение их диаметра внутри факела.

Во втором, третьем, четвертом и пятом режимах тип факела был практически один и тот же, однако зона его формирования была удалена от форсунки. При этом факел был неустойчивым, неравномерным и прерывистым. Скорость капель была значительно ниже, чем в первом режиме.

Опытно-экспериментальным путем непосредственно в шахте установлено, что при засорении каналов пылеподавляющих устройств различными взвесями, находящимися в шахтной воде, характер работы распылителей соответствовал второму и третьему режимам.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования подтвердили высокую вероятность возникновения кавитации при работе пылеподавляющих устройств в условиях реальной шахты.

Далее в соответствии с методикой проведения экспериментов, авторами были проведены исследования по определению состояния и целостности конструкции распылителей, проработавших в шахте, в составе систем пылеподавления в течение 7 - 12 месяцев и изготовленных из различных материалов. Исследования показали, что часть распылителей была, в той или иной степени, подвержена кавитационной эрозии. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1. Влияние кавитации на техническое состояние распылителей.

Материал изготовления распылителей	Срок работы, мес.	Количество распылителей пылеподавляющего устройства	
		в работе	вышло из строя по причине кавитационной эрозии
Литая сталь	3	20	20
Латунь	6	50	15
Отпущенная канатная нержавеющая сталь (Cr 12%)	9	90	3
Литая алюминиевая бронза (Cu 83,1%, Al 12,9%)	7	57	4
Горячекатаная алюминиевая бронза (Cu 83,%, Al 10,3%, Fe 5,8%)	12	120	62

При этом установлено, что кавитация распылителя приводит к эрозионному разрушению элементов проточной части, усилению шума и вибрации, нарушению расчетных характеристик факела, создаваемого распылителем.



На основании выполненных исследований из существующих способов предотвращения и уменьшения кавитационной эрозии материалов нами выбраны два наилучших.

Первый способ – применение наиболее стойких против кавитационной эрозии материалов. При выборе материалов для изготовления распылителей, форсунок, оросителей необходимо учитывать и другие их свойства, такие, как способность к механической обработке, высокая коррозионная стойкость, низкая стоимость.

Наибольшей кавитационной стойкостью обладают нержавеющие стали и бронзы. Высокая кавитационная стойкость нержавеющих сталей определяется их физико-химическим состоянием, зависящим от химического состава и термической обработки (горячекатаная нержавеющая сталь (Cr 26%, Ni 13%), литая нержавеющая сталь (Cr 18%, Ni 8%)).

Высокая сопротивляемость бронзы кавитационной эрозии объясняется следующим ее физико-химическими свойствами: вязкой однородной структурой, высокой антикоррозионной стойкостью, высоким пределом прочности и достаточной твердостью.

У каждого материала существует свой порог кавитационной интенсивности, т.е. минимальной интенсивности, ниже которой эрозионные повреждения не возникают.

Таким образом, применение материалов с высокой кавитационной стойкостью может предотвратить появление разрушений лишь тогда, когда интенсивность повреждений ниже или того же порядка, что и порог кавитационной интенсивности.

Второй способ – предотвращение кавитационной эрозии за счет изменения гидродинамических параметров. Суть этого способа заключается в том, что по известным значениям критических параметров кавитации для рассматриваемого типа распылителей определяются параметры потока: давление – перепад давлений или скоростей, которые обеспечивают бескавитационный режим течения. Затем в процессе работы пылеподавляющего устройства производится настройка на определенное давление, перепад давлений или определенную скорость.

На шахтах ШУ «Южнодонбасское №3», ОАО «УК «Шахта «Красноармейская-Западная №1», АП «Шахта им. Засядько» были испытаны агрегаты, входящие в состав пылеподавляющих устройств и состоящих из пускового механизма, регулятора давления, манометра и местного фильтра. Устанавливался данный агрегат в удобном для обслуживания месте, например при пылеподавлении на пересыпах ленточных конвейеров, непосредственно в рабочей зоне машиниста подземных установок. Достоинствами такого агрегата являются простота устройства и его обслуживания, надежность работы, возможность обеспечения достаточной очистки шахтной воды, регулирование давления, предотвращение его перепадов путем регулирования параметров потока жидкости. Пылеподавляющая установка в комплекте с агрегатом показала высокую экономичность, так как затраты энергии на разбрызгивание составляют 6,8 Дж/м<sup>2</sup>.

По эргономическим показателям установка полностью соответствует требованиям п.123 ГОСТ 2189, а по некоторым параметрам, даже превосходит их.

Таким образом, выполненные исследования подтвердили высокие эксплуатационные свойства предложенной установки и показали возможность и целесообразность ее использования в шахтах Украины.

### **Библиографический список**

1. Козлюк А.И. Водоснабжение угольных шахт для борьбы с пожарами и пылью. - М.:недра, 1979.-287с.
2. С.А. Крутенко. Закономірності формування пилової обстановки у вугільних шахтах і удосконалення заходів запобігання захворюваності гірників пневмоконіозом. Автореф. канд. дисс. – Макіївка.- 2005р.-20с.
3. Н.Б. Левкин. Предотвращение аварий и травматизма в угольных шахтах Украины. - Донецк «Донбасс».-390 с.

4. М. Кракхеке, Р Финкербут. Система орошения водяным туманом на машины типа AM105, AM105G, AM85, ESA-6-L, E250Q.- Glückauf.-2002г.- № 5.-С.23-28.
5. Кавитация. / Кнепп Р., Дейли Д., Хеммит Ф.- М.: Мир, 1974.-678с.
6. Rahmeyer W., Tulles V.P. Cavitations lumits for butterfly valves in cavitations erosion in fluid. Sitems, ASME. 1981г. - 53 p.
7. Baumann V. Preventing cavitations in butterfly valves// Chemical engineering. 1985 - №8.-С.34-36.
8. Башта Т.М. Гидравлические приводы летательных аппаратов. М: Машиностроение 1967г. – 495с.
9. Ющенко Ю.Н. Критические параметры кавитации в редуционных клапанах// Горноспасательное дело. НИИ ГФ- Донецк .-1992г. – с 82-90
10. Арзуманов Э.С. исследование промышленных двухседельных регулирующих клапанов на горячей воде в кавитационном режиме // Труды НИИ автоматики.- Кировоград,1964.-№2.-С.40-65.

© Булгаков Ю.Ф., Слизко А.Г., Каюн А.П., 2007

УДК 614.841

**Кавера А.Л. (ДонНТУ)**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЗМА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПЛАМЯ**

*Предложен новый экологически чистый способ тушения возгораний электрической изоляции при помощи переменного электрического поля. Рассмотрены новые зависимости, позволяющие установить влияние параметров экспериментальной установки, воздействующей на пламя.*

Пожары, возникающие на высоковольтном электрооборудовании, являются опасными авариями, приводящими как к значительным материальным убыткам и повреждениям оборудования, так и к гибели производственного персонала. Помимо этого, в некоторых случаях возгорание изоляции электрооборудования может послужить причиной взрыва окружающей взрывоопасной среды, что может повлечь за собой огромные разрушения и человеческие жертвы. Пожаровзрывоопасность электрооборудования обусловлена наличием в нем пожароопасных видов продукции, таких, как электропровода, кабели и т.д., изоляция которых может воспламениться в результате коротких замыканий, замыканий на землю, либо перегрузок в работе электроустановок.

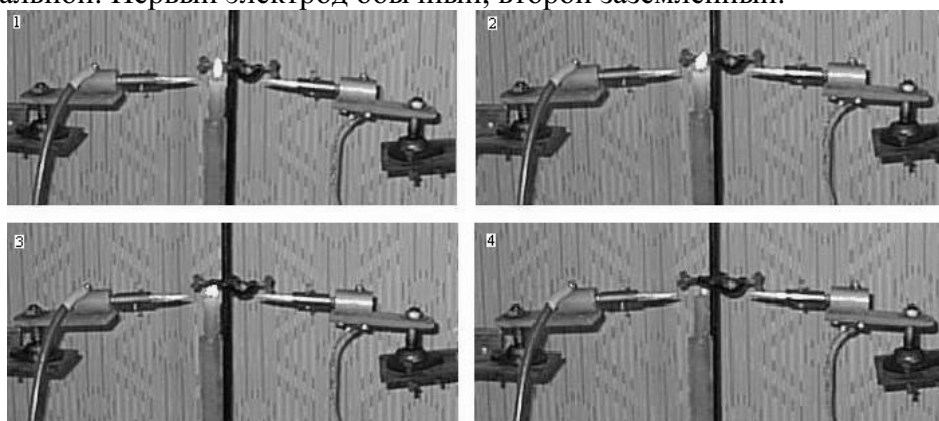
По мере развития технического прогресса проблема пожаробезопасности электрооборудования только обостряется, поскольку растут производственные мощности, а вместе с ними и увеличивается мощность установок, обеспечивающих электроснабжение потребителей электрической энергией [1].

Существующие средства пожаротушения обладают рядом недостатков. Например, газовые средства пожаротушения громоздки и предназначены для тушения пожаров в большом объеме, порошковые – требуют регулярной перезарядки и при использовании могут привести в непригодность электрооборудование (косвенные затраты от пожара). Все существующие средства почти невозможно использовать в труднодоступных местах, а так же они не являются экологически чистыми.

В связи с этим возникает задача разработки принципиально нового способа предотвращения и тушения возгораний изоляции электрооборудования в начальной стадии их развития. Такой способ был предложен в Донецком национальном техническом университете. Этот способ основан на механизме воздействия электрического поля на пламя [2, 3].

Определим зависимости, позволяющие установить влияние параметров экспериментальной установки, воздействующей на пламя, которое может возникнуть при аварийных режимах работы электрооборудования. За источник пламени примем свечу, поскольку по площади пламени и теплотворной способности она будет имитировать возгорание изоляции. С двух сторон от свечи расположим иглообразные остро заточенные электроды. На эти электроды должно быть подано переменное напряжение, для возникновения между ними аэродинамического потока, который при определенном значении напряжения, должен погасить пламя (рис. 1). Измерения производились при температуре  $T=295$  К, относительной влажности воздуха  $\varphi=70$  % и атмосферном давлении  $p=99300$  Па.

Задача состоит в определении зависимости напряжения, при котором произойдет гашение пламени от расстояния между пламенем и электродами. Предполагается, что острые концы электродов и основание пламени свечи находятся в одной плоскости, а именно, в горизонтальной. Первый электрод обычный, второй заземленный.



**Рис. 1.** Гашение пламени электрическим полем

Пользуясь [4], принимаем в качестве первого и второго факторов расстояние от пламени до электродов и обозначим их соответственно  $x_1$  и  $x_2$ . Предварительными экспериментами установлено, что целесообразно проводить исследования при расстоянии от пламени до электродов равном от 3 до 10 см. Кодированные значения нижних и верхних уровней факторов будут соответственно -1 и +1. Все возможные комбинации при варьировании факторов на двух уровнях в рассматриваемой модели определяются четырьмя опытами. План эксперимента изобразим в виде матрицы планирования для двух факторов на двух уровнях, приведенной в таблице 1. В матрице  $x_0$  – фиктивный фактор. Он введен для удобства определения свободного члена уравнения регрессии.

По данным приведенного эксперимента можно определить коэффициенты линейного уравнения регрессии:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2,$$

где  $\hat{y}$  - расчетное значение параметра, кВ.

Коэффициенты уравнения регрессии с учетом параллельных опытов определяются по формуле

$$b_i = \sum_{u=1}^n \bar{y}_u x_{iu} / n,$$

где  $n$  – число опытов,

$u$  – номер опыта,

$\bar{y}_u$  – математическое ожидание параметра в  $u$ -ом опыте,

$x$  – значение определяющего фактора.

Тогда

$$b_0 = (33 + 44 + 46 + 64) / 4 = 49,25 \text{ кВ},$$

$$b_1 = (-33 + 44 - 46 + 64) / 4 = 9,75 \text{ кВ},$$

$$b_2 = (-33 - 44 + 46 + 64) / 4 = 5,75 \text{ кВ}.$$

Таблица 1 - Матрица планирования эксперимента

Номер опыта в матрице	Порядок реализации опыта	$x_0$	Расстояние до 1-го электрода		Расстояние до 2-го электрода		Значение напряжения-гашения, кВ	
			код	значение, см	код	значение, см	по опытам	среднее
1	4	+1	-1	3	-1	3	33	33
	12						34	
	2						31	
2	3	+1	+1	10	-1	3	54	54
	7						52	
	8						55	
3	9	+1	-1	3	+1	10	47	46
	1						44	
	11						46	
4	5	+1	+1	4	+1	10	65	64
	6						66	
	10						62	

Воспроизводимость опытов оценивается в следующем порядке. Рассчитывается построчная дисперсия по выражению

$$S_n^2 = \frac{\sum_{u=1}^m (y_{nu} - \bar{y}_n)^2}{m-1},$$

где  $m$  – число параллельных опытов,

$y_{nu}$  - значение выходного параметра в опыте  $u$  и данной  $n$  строки.

Получаем

$$S_1^2 = \frac{(33-33)^2 + (34-33)^2 + (31-33)^2}{3-1} = 2,5 \text{ кВ}^2,$$

$$S_2^2 = \frac{(54-54)^2 + (52-54)^2 + (55-54)^2}{3-1} = 2,5 \text{ кВ}^2,$$

$$S_3^2 = \frac{(47-46)^2 + (44-46)^2 + (46-46)^2}{3-1} = 2,5 \text{ кВ}^2,$$

$$S_4^2 = \frac{(65-64)^2 + (66-64)^2 + (62-64)^2}{3-1} = 4,5 \text{ кВ}^2.$$

Проверим однородность дисперсий, используя критерий Кохрена (G-критерий) по формуле

$$G = S_{\max}^2 / \sum_{i=1}^n S_i^2.$$

Поскольку  $S_{\max}^2 = S_4^2$ , получаем:

$$G=4,5/(2,5+2,5+2,5+4,5)=0,375.$$

Для уровня значимости  $\alpha=0,05$  при числе степеней свободы для дисперсий  $f_1=2$  и числе дисперсий  $n=4$  табличное значение G-критерия  $G_T=0,9057$ . Поскольку  $G < G_T$   $0,375 < 0,9057$ , то дисперсии однородны. Дисперсия воспроизводимости определяется по выражению

$$S_a^2 = S_{св}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i^2 f_{li}}{\sum_{i=1}^n f_{li}} = \frac{2,5 \cdot 2 + 2,5 \cdot 2 + 2,5 \cdot 2 + 4,5 \cdot 2}{2 + 2 + 2 + 2} = 3 \text{ кВ}^2.$$

Значимость коэффициентов уравнения регрессии проверяется в таком порядке. Определяют дисперсию коэффициентов по следующему выражению:

$$S_{e_i}^2 = S_a^2 / n = 3 / 4 = 0,75 \text{ кВ}^2.$$

Для значимости коэффициентов должно выполняться условие

$$|b_i| > t_{\alpha} S_{e_i},$$

где  $t_{\alpha}$  - критерий, принимаемый из таблиц для соответствующего уровня значимости  $\alpha=0,05$  и числа степеней свободы  $f=n/(m-1)=4/(3-1)=8$  и составляющий 2,306.

$$|b_i| > 2,306 \cdot \sqrt{0,75} = 1,997.$$

Поскольку выполняются условия:

$$|b_0| = 49,25 > 1,999$$

$$|b_1| = 9,75 > 1,999$$

$$|b_2| = 5,75 > 1,999,$$

то все коэффициенты значимы. Значит, уравнение регрессии будет иметь вид

$$\hat{y} = 49,25 + 9,75x_1 + 5,75x_2.$$

Учитывая, что  $\hat{y}$  - значение напряжения, а  $x_1$  и  $x_2$  соответствующие расстояния от пламени до электродов, то перепишем полученное выражение в следующем виде:

$$U=49,25+9,75L_1+5,75L_2.$$

Полученное уравнение первой степени не достаточно точно описывает процесс. Поскольку даже при расстояниях  $L_1$  и  $L_2=1$  см значение напряжения будет превышать 50 кВ, что более чем вдвое превышает значения, полученные при лабораторных измерениях. Рассчитаем искомую зависимость на персональном компьютере в среде MathCAD. Для этого выполним следующие вычисления.

Воспользуемся зависимостями, полученными в [5] при определении напряжения на электродах, при котором происходит гашение пламени. Схема эксперимента представлена на рис. 3. Исходное положение (для первого опыта), когда источник пламени находится между иглообразными электродами на расстоянии 3 см от левого и 1 см от правого. После каждого измерения напряжения, подаваемого на электроды в момент гашения пламени, заземленный электрод перемещали на 1 см дальше и делали следующее измерение. Полученные зависимости напряжения гашения пламени от расстояния между электродами представлены на рисунке 4. Здесь: линия 1 получена в результате непосредственных измерений; линия 2 – соответствующая ей линия тренда. Такой же опыт проводили с фиксированным правым электродом (второй опыт).

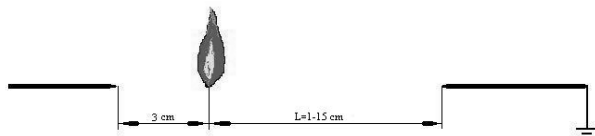


Рис. 3. Схема эксперимента

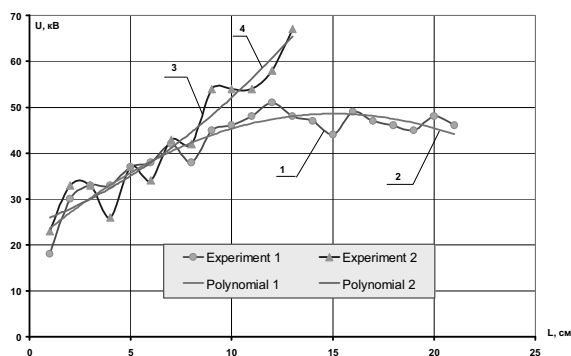


Рис. 4. Зависимость напряжения от расстояния до электродов

$$U = -0,1215 L^2 + 3,7017 L + 20,638,$$

$$U = 0,1183 L^2 + 1,5572 L + 24,801.$$

Как видим из рисунка 4, эти две кривые, уравнения которых представлены выше, имеют две точки пересечения. Решим систему из двух уравнений:

$$y = -0,1215 x^2 + 3,7017 x + 20,638 \quad (1)$$

$$y = 0,1183 x^2 + 1,5572 x + 24,801, \quad (2)$$

а результаты представим в виде двух векторов A и B, где  $A_0=2,849$ ,  $A_1=30,197$ ,  $B_0=6,094$ ,  $B_1=38,648$ :

$$A = \mathbf{A}$$

$$B := \begin{pmatrix} 6,094 \\ 38,684 \end{pmatrix}.$$

То есть при расстоянии от пламени до первого электрода  $L_1=A_0=2,849$  см и расстоянии от пламени до второго электрода  $L_2=3$  см, напряжения гашения пламени  $U=A_1=30,197$  кВ. Это справедливо и если  $L_1=3$  см, а  $L_2=A_0=2,849$  см. При расстоянии от пламени до первого электрода  $L_1=B_0=6,094$  см и расстоянии от пламени до второго электрода  $L_2=3$  см, напряжения гашения пламени  $U=B_1=38,684$  кВ. Это справедливо и если  $L_1=3$  см, а  $L_2=B_0=6,094$  см.

Предположим, что зависимость напряжения гашения пламени от расстояния  $L_1$  до первого электрода и от расстояния  $L_2$  до второго электрода будет иметь вид:

$$U = a + bL_1L_2 + cL_1^2L_2 + dL_1L_2^2 \quad (3)$$

Тогда при  $L_1 = A_0$  и  $L_2 = 3$  см уравнение (3) примет вид

$$a + b \cdot A_0 \cdot 3 + c \cdot (A_0)^2 \cdot 3 + d \cdot A_0 \cdot 3^2 = A_1 \quad (4)$$

а при  $L_1 = 3$  см и  $L_2 = B_0$  уравнение (3) примет вид

$$a + b \cdot 3 \cdot B_0 + c \cdot 3^2 \cdot B_0 + d \cdot 3 \cdot (B_0)^2 = B_1 \quad (5)$$

При  $L_1 = 3$  см и любых значениях  $L_2 = x$ , уравнение (3) будет тождественно (1)

$$a + b \cdot 3 \cdot x + c \cdot 3^2 \cdot x + d \cdot 3 \cdot x^2 = -0.1215 \cdot x^2 + 3.7017 \cdot x + 20.638 \quad (6)$$

При любых значениях  $L_1 = x$  и  $L_2 = 3$  см, уравнение (3) будет тождественно (2)

$$a + b \cdot x \cdot 3 + c \cdot x^2 \cdot 3 + d \cdot x \cdot 3^2 = 0.1183 \cdot x^2 + 1.5572 \cdot x + 24.801 \quad (7)$$

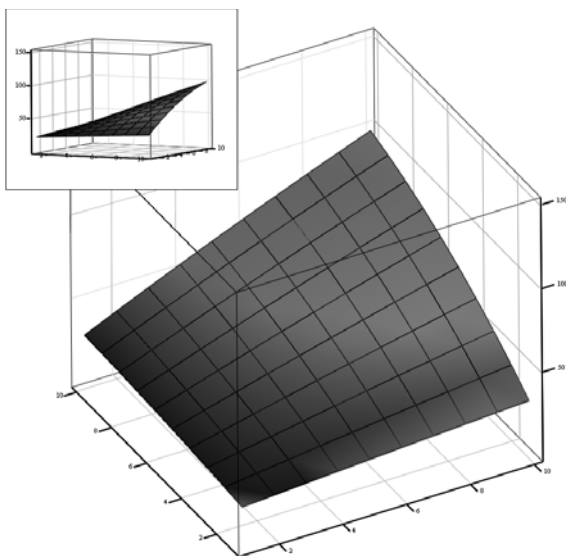
Решая систему уравнений (4), (5), (6) и (7), найдем коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$ , которые представлены в виде вектора  $e$

$e = \mathbf{\dots}$

Таким образом, уравнение (3) примет вид

$$U = 20.746 + 1.248 \cdot L_1 \cdot L_2 - 0.008 \cdot L_1^2 \cdot L_2 - 0.04 \cdot L_1 \cdot L_2^2. \quad (3.8)$$

Графическое представление этой зависимости показано на рисунке 5.



**Рис. 5.** Зависимость напряжения гашения пламени от расстояния между первым и вторым электродами и пламенем

Как видно из рисунка 5, расчетные значения напряжения, вычисленные по выражению (8) совпадают со значениями, полученными экспериментальным путем.

При проектировании установки для тушения возгораний, полученные значения напряжения не должны превышать величину пробивного напряжения. Величина этого напряжения зависит от таких физических параметров воздуха, как влажность воздуха и его относительная плотность [6]. Так повышение абсолютной влажности приводит к некоторому повышению электрической прочности воздушных промежутков за счет уменьшения коэффициента ударной ионизации электронами в результате их прилипания к электроотрицательным молекулам водяного пара. Следует отметить, что все экспериментальные измерения производились при температуре  $T=295$  К, относительной влажности воздуха  $\varphi=70$  % и атмосферном давлении  $p=99300$  Па. Для воздушных промежутков длиной менее 1 м приведение экспериментальных значений пробивного напряжения к условиям абсолютной влажности воздуха  $\nu=11$  г/м<sup>3</sup>, при температуре  $T=293$  К и давлении  $p=101300$  Па производится с помощью поправочного коэффициента  $k_\nu$  [7] и определяется из выражения

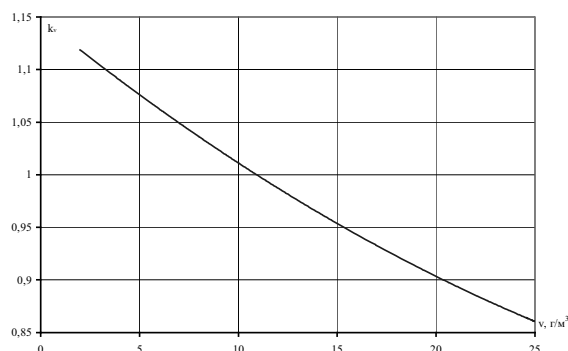
$$U_{np} = U_0 \frac{293p}{k_\nu p_0 (273 + t)},$$

где  $U_0$  — разрядное напряжение при нормальных условиях;

$p$  и  $p_0$  — атмосферное давление в условиях опыта и нормальное атмосферное давление;

$t$  — температура воздуха, °С;

$k_\nu$  - поправочный коэффициент, определяемый по рисунку 6.



**Рис. 6.** Поправочный коэффициент на влажность для напряжений частотой 50 Гц

Развитие ионизационных процессов, приводящих к электрическому пробоем газов, описывается с помощью коэффициента ударной ионизации нейтральных частиц газа электронами [6]

$$\alpha = Ap \cdot \exp\left(-\frac{Bp}{E}\right), \quad (9)$$

где  $A$ ,  $B$  — постоянные, зависящие от вида газа и величины  $\frac{E}{p}$ ;

$p$  — давление газа, Па;

$E$  — напряженность электрического поля в изоляционном промежутке, В/см.



Для воздуха

$$\alpha = \sqrt[3]{0.257 p \left(\frac{E}{p}\right)} \exp\left(-\frac{29700}{\frac{E}{p}}\right). \quad (10)$$

Как видно из (10), интенсивность ударной ионизации нейтральных частиц газа зависит от соотношения  $E/p$ , а при постоянной напряженности электрического поля полностью определяется давлением газа. Электрический пробой газового промежутка произойдет, если величина  $\alpha$  достигнет значения, при котором выполняется условие самостоятельности разряда

$$\gamma \left[ \exp\left(\int_0^d \alpha(x) dx\right) - 1 \right] \geq 1, \quad (11)$$

где  $\gamma$  — коэффициент вторичной эмиссии электронов из катода;

$d$  — расстояние между электродами.

Величина  $\gamma$  зависит от материала катода. При повышенных давлениях газа влияние прикатодных процессов на пробой газового промежутка становится несущественным и  $\gamma$  приобретает смысл коэффициента объемной фотоионизации.

В однородном электрическом поле коэффициент  $\alpha$  не изменяется вдоль межэлектродного промежутка, и условие самостоятельности разряда записывается в виде

$$\gamma [\exp(\alpha d) - 1] \geq 1. \quad (12)$$

Подстановка (9) в (12) позволяет получить выражение для определения пробивного напряжения газового промежутка в однородном электрическом поле (закон Пашена).

$$U_{np} = \frac{A p d}{B p d \ln\left(\frac{1}{\gamma} + 1\right)}. \quad (13)$$

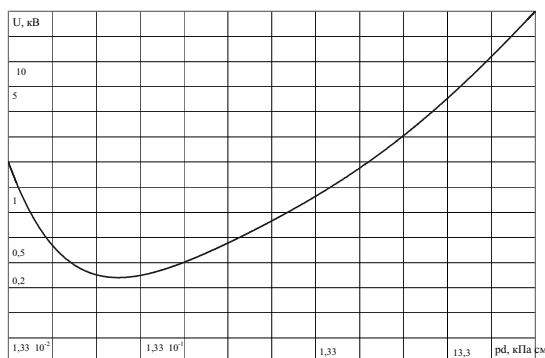
Из выражения (13) следует, что в однородном электрическом поле при постоянной температуре пробивное напряжение газа является однозначной функцией произведения  $pd$  (рис. 7), и кривая закона Пашена может быть получена при варьировании одного из параметров: давления газа, расстояния между электродами или их произведения  $pd$ . Если при фиксированном  $d$  уменьшать давление газа (правая ветвь кривой Пашена), то пробивное напряжение промежутка уменьшается за счет возрастания эффективности процессов ударной ионизации. Формально это описывается возрастанием величины коэффициента ударной ионизации  $\alpha$  (9), (10) при уменьшении  $p$ . Физически указанный эффект объясняется увеличением энергии, которую приобретает электрон во внешнем электрическом поле, пролетая значительный путь без столкновений с нейтральными частицами. При дальнейшем уменьшении давления газа (левая ветвь кривой Пашена) пробивное напряжение возрастает, так длина свободного пробега все большего количества электронов становится соизмеримой с длиной межэлектродного промежутка и количество ионизирующих столкновений электронов с нейтральными частицами уменьшается. В этом случае коэффициент  $\alpha$  уменьшается, так

как в формулах (9), (10) основное влияние на величину  $\alpha$  оказывает предэкспоненциальный множитель, зависящий от  $p$ .

При  $pd$  около 1000 Па·см и более в определенных пределах по давлению, различному для различных газов, можно пользоваться расчетной формулой

$$U_{np} = a_0 \frac{p}{p_0} d + b_0 \sqrt{\frac{pd}{p_0}},$$

где  $p_0$  – давление при нормальных условиях ( $p_0=101300$  Па,  $T_0=293$  К). Значения постоянных  $a_0$  и  $b_0$  для воздуха принимаются соответственно равными 2,45 МВ/м и  $0,064$  МВ/м<sup>1/2</sup>.



**Рис. 7.** Зависимость пробивного напряжения воздушного промежутка от произведения  $pd$  в однородном электрическом поле

При отклонении температуры от нормальной, пробивное напряжение можно определить по формуле

$$U_{np} = a_0 d \delta + b_0 \sqrt{d \delta},$$

где  $\delta$  - относительная плотность воздуха определяется по выражению

$$\delta = p T_0 / p_0 T,$$

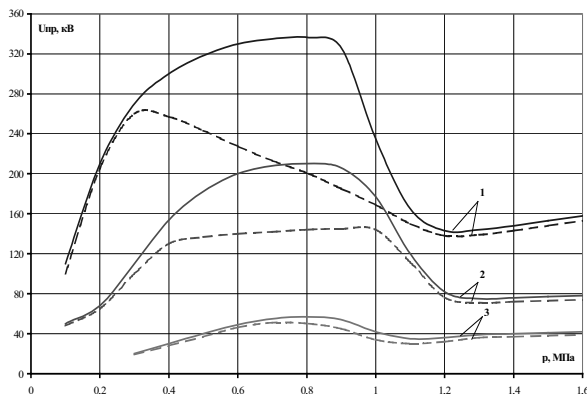
где  $p_0, T_0$  – соответственно давление и температура воздуха при нормальных условиях ( $p_0=101300$  Па,  $T_0=293$  К);

$p, T$  – соответственно давление и температура воздуха в условиях эксперимента.

При постоянном давлении газа уменьшение расстояния между электродами (правая ветвь кривой Пашена) приводит к уменьшению пробивного напряжения промежутка, так как при этом величина напряженности электрического поля, необходимая для выполнения условия самостоятельности разряда (12), достигается при меньших значениях приложенного к изоляционному промежутку напряжения. Дальнейшее уменьшение межэлектродного расстояния (левая ветвь кривой Пашена) должно вызывать увеличение пробивного напряжения вследствие соизмеримости длины свободного пробега электронов с расстоянием между электродами, что приводит к уменьшению эффективности ударной ионизации в промежутке. Однако при давлении газа выше определенной величины пробивное напряжение промежутка при малых  $d$  оказывается ниже рассчитанного по (13). Это отклонение от закона Пашена вызвано влиянием микронеоднородностей на поверхности электродов на характер распределения электрического поля в промежутке. При малых  $d$  электрическое поле в промежутке искажается микровыступами и становится неоднородным. Если длина свободного пробега электронов меньше  $d$ , то пробой промежутка разви-

вается, как в неоднородном поле, и закон Пашена не выполняется. В целях снижения эффекта от микровыступов на поверхности электродов и проводящих микрочастиц иногда применяют покрытие электродов изоляционными пленками, что дает повышение пробивного напряжения на 20-30 %.

В воздухе при небольших его давлениях в сильнонеоднородном поле рост пробивного напряжения с увеличением давления довольно значительный. Однако потом наблюдается сильный разброс пробивных напряжений, а затем они снижаются до коронного (рис. 8). Пробивные напряжения в электродных устройствах с сильнонеоднородным электрическим полем существенно меньше, чем в устройствах с однородным или слабонеоднородным полем, даже при давлениях, в которых наблюдается повышенное пробивное напряжение за счет стабилизации разряда в результате коронирования и выравнивания тем самым поля.



**Рис. 8.** Зависимость пробивного напряжения от давления воздуха для электродов острой плоскости при 50 Гц:

————— — максимальные значения;  
 - - - - - — минимальные значения;

1, 2, 3 – соответственно расстояния между электродами 24, 6 и 1 см.

Экспериментально установлено, что значение напряжения гашения пламени пропорционально квадрату расстояния между пламенем и электродом. Эффективность гашения пламени зависит от того, насколько точно направлены электроды на основание пламени. Гашение будет тем эффективнее (потребуется меньшее значение напряжения), чем ближе находятся электроды к источнику пламени. Данный способ позволяет без применения химических веществ и больших затрат электрической энергии (так как нет активной нагрузки на электродах), обеспечить гашение воспламенившейся изоляции в начальной стадии горения и тем самым является экологически чистым. Его использование будет более выгодно на объектах, где есть источники высокого напряжения.

#### Библиографический список

1. Чернов И.Я., Ландкоф Л.Б. Энергообеспечение основных шахтных механизмов. /Уголь. – 2004. №12. – с.13-16.
2. Булгаков Ю.Ф., Кавера А.Л., Бершадский И.А. Разработка нового способа предотвращения возгораний шахтного высоковольтного оборудования // Вісті Донецького гірничого інституту, 2004. №1.
3. Булгаков Ю.Ф., Кавера А.Л., Гаврилова М.И. Новый способ обеспечения пожаробезопасности электроустановок // Вісті Донецького гірничого інституту, 2005. №1.
4. Тимошенко Г.М., Зима П.Ф. Теория инженерного эксперимента: Учеб. Пособие. – К.: УМК ВО, 1991. – 124 с.
5. Булгаков Ю.Ф., Кавера А.Л., Мазаненко В.П. Исследование влияния электрического поля на пламя // Горноспасательное дело, №42, 2005 г., С. 90-96

6. Техника высоких напряжений: Лабораторный практикум / Под ред. М.Е. Иерусалимова. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – 216 с.
7. Справочник по электротехническим материалам Т.1 / Под ред. Ю.В. Корицкого и др. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

© Кавера А.Л., 2007

УДК 622.4

## **БУЛГАКОВ Ю.Ф., ТРОФИМОВ В.А, ГАЛАЙКО К.А. ОХРАНА ТРУДА И ВЕНТИЛЯЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

*В статье рассматриваются вопросы связанные с решением задач охраны труда и вентиляции подземных сооружений. Авторы показывают возможность решения комплекса этих задач в рамках одного общего направления.*

В последние десятилетия в практике решения задач охраны труда и вентиляции подземных сооружений произошли значительные изменения. Это связано, прежде всего, с использованием для их решения персональных компьютеров и специального программного обеспечения.

Анализ опыта использования виртуальных моделей вентиляционных сетей шахт, рудников и метрополитенов [1] позволяет утверждать, что их применение повышает уровень квалификации специалистов службы вентиляции и значительно сокращает трудозатраты на решение оперативных задач вентиляции и плана ликвидации аварий. Кроме того, использование виртуальных моделей в процессе обучения студентов горных специальностей [2,3] показало, что в этом случае значительно облегчается восприятие специфики решения задач управления проветриванием и спасения людей в аварийных условиях.

Эффективность использования виртуальных моделей вентиляционных сетей подземных сооружений в обучающем процессе можно объяснить двумя причинами.

Первая заключается в самом процессе визуализации объекта проветривания. На первом этапе обучения пользователь (специалист участка вентиляции, студент, представитель службы ГВГСС или РГТИ) самостоятельно (с помощью специальной компьютерной программы) формирует (создает) схему вентиляционной сети шахты или метрополитена на экране монитора. Этот этап формирует в сознании человека понимание «связанности» всех горных выработок (тоннелей) и идентифицирует их, вместе с путями движения утечек воздуха, как «вентиляционную сеть».

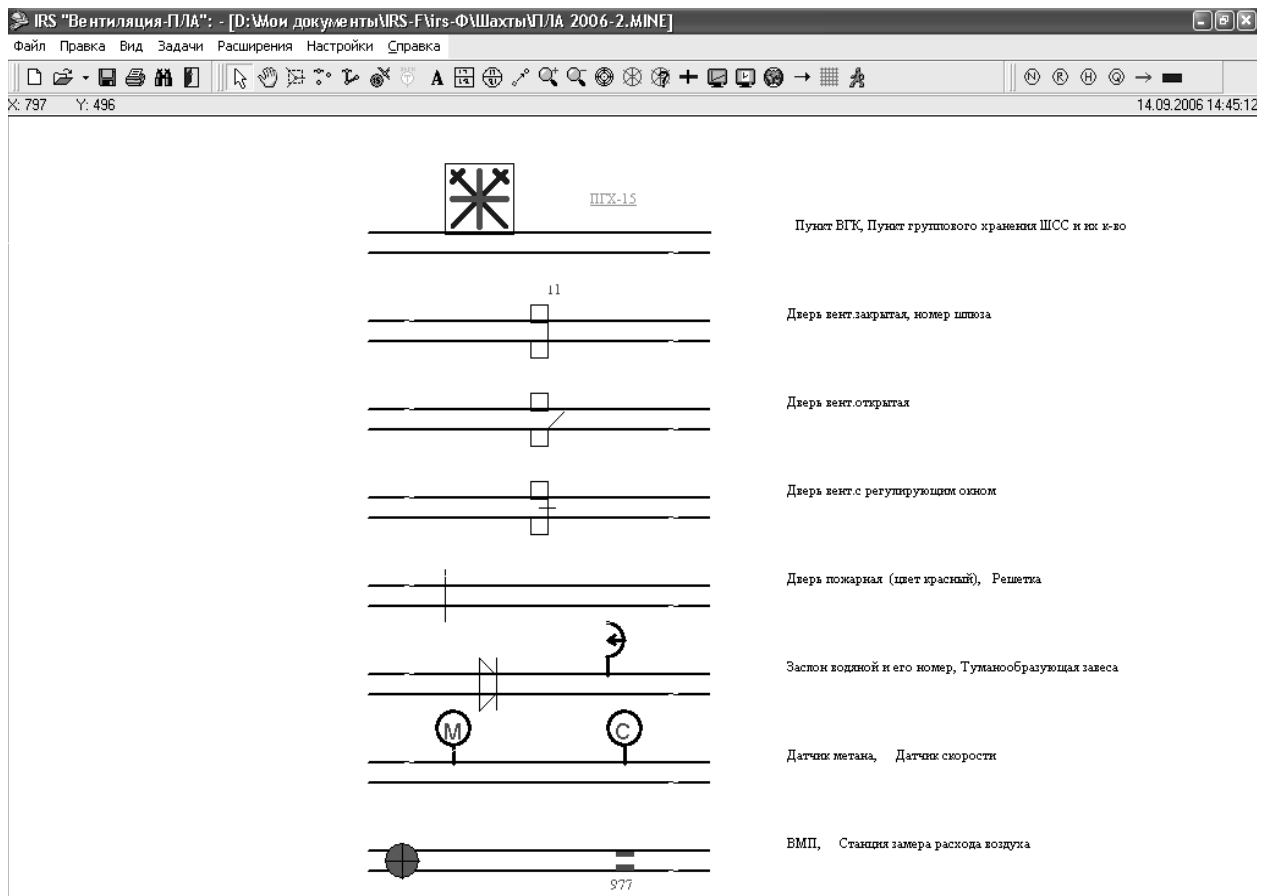
В процессе визуализации вентиляционной сети формируется база данных по каждому ее элементу. При этом пользователь вводит в память компьютера различную информацию о каждом элементе вентиляционной сети. На начальной стадии обучения этот процесс формирует у человека понимание различий элементов вентиляционной сети по своим аэродинамическим характеристикам и связь этих характеристик с геометрическими и технологическими параметрами горных выработок. В этот период обучения эффективность процессов «понимания» и запоминания обусловлена тем, что в сознании индивидуума происходит «связывание» словесных формул (смысла) с визуальными образами – символами.

Этот момент является ключевым в понимании механизма эффективности самообучения с помощью виртуальной модели объекта проветривания. Именно создание базового символа (горная выработка – ветвь вентиляционной сети) и его виртуальное «наполнение» на экране монитора активизирует воображение человека и формирует в его сознании устойчивый образ реального объекта проветривания и факторов влияющих на его рабочие

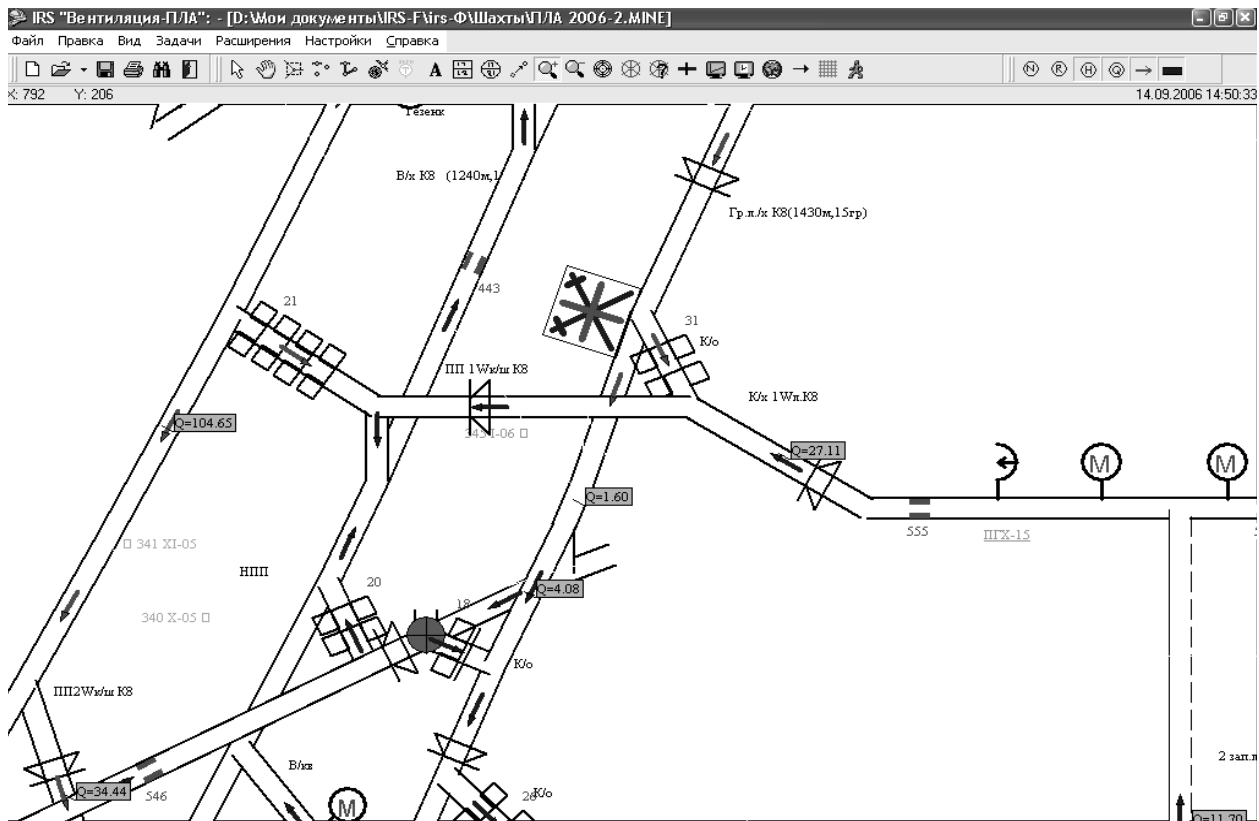
характеристики. Этот механизм хорошо демонстрирует пример визуализации двух понятий: «увеличение» и «уменьшение» сопротивления горной выработки.

В нормальном режиме проветривания шахты увеличение или уменьшение аэродинамического сопротивления горных выработок можно связать с необходимостью регулирования распределения воздуха в вентиляционной сети. Для этого в условиях реальной шахты используются различные вентиляционные регуляторы: вентиляционные двери (шлюзы) и перемычки. Виртуальная модель вентиляционной сети позволяет связать словесную формулу «для увеличения сопротивления выработки необходимо установить в ней вентиляционный регулятор» с конкретными физическими действиями человека симулирующими установку реальной вентиляционной двери или перемычки в шахте.

В данном случае пользователь, для «установки» регулятора в виртуальной модели, должен **увеличить** численное значение величины аэродинамического сопротивления в базе данных конкретной выработки и «привязать» к изображению выработки на экране конкретный виртуальный символ – условное изображение реального регулятора (перемычка, вентиляционная дверь). В данном случае происходит «связывание» понятий «установка регулятора» и «увеличение сопротивления». Последующее моделирование распределения воздуха показывает последствия «установки» регулятора в горной выработке – сокращение расхода воздуха. Так с помощью символов, в сознании пользователя формируется устойчивая причинно-следственная связь «действие-результат». Примеры символов связанных с «установкой» различных устройств или сооружений в горной выработке приведены на рис.1, 2.



**Рис.1** Условные изображения устройств и сооружений на схеме вентиляции



**Рис. 2** Фрагмент схемы вентиляции шахты на экране компьютера

Электронный план ликвидации аварий (ЭПЛА) представляет собой виртуальный комплекс связывающий воедино задачи вентиляции и охраны труда. Он формируется на базе виртуальной модели шахтной вентиляционной сети. На шахте «Щегловская-Глубокая» в течении последних пяти лет отработана технология создания и поддержания электронного плана ликвидации аварий. Для этого в программном комплексе «IRS Вентиляция-ПЛА» предусмотрено автоматизированное решение ряда задач ПЛА.

К главным достоинствам ЭПЛА можно отнести его наглядность. Цветовое выделение «аварийной» выработки и формирование на экране компьютера, так называемой «зоны загазирования» за очагом пожара, сразу «вводит» пользователя в аварийную ситуацию. Цветовые визуальные символы (например, аварийная выработка окрашивается в красный цвет, а выработки, куда могут попасть продукты горения окрашиваются в желтый цвет) способствуют «мгновенному» пониманию того, что такое «зона загазирования» и что означает формулировка «построение оптимального маршрута выхода людей из загазованных выработок». Эта задача также автоматизирована и через секунду пользователь видит на экране искомый маршрут (все выработки на этом маршруте окрашиваются в малиновый цвет). При обучении студентов и специалистов участка вентиляции для формирования устойчивых представлений о «зоне загазирования» и «маршрутах выхода людей из загазованных выработок» достаточно одного-двух показов последовательности «решения» этой задачи.

Опыт обучения представителей ВГСЧ Кузбасса и Воркуты (РФ) показал, что весь «процесс» обучения работы с программным комплексом занимает 2-3 часа. Представители депрессионной службы сразу «улавливают» связь виртуальных и словесных символов.

Подводя итог можно отметить, в западных странах для обучения правилам безопасности и профессиональным навыкам давно используются виртуальные симуляторы различных производственных объектов или механизмов (симуляторы работы диспетчера на атомной электростанции или в аэропорту, симуляторы для водителей различной военной техники). Существуют и симуляторы угольных шахт.

Не вызывает сомнений, что создание виртуальных комплексов, объединяющих решение задачи охраны труда и вентиляции, является наиболее перспективным направлением в системе высшей школы. Использование виртуальных моделей различных промышленных и гражданских объектов в учебном процессе позволяет обеспечить высокий уровень подготовки специалистов по специальности «Безопасность трудовой деятельности».

### **Библиографический список**

1. Булгаков Ю.Ф., Трофимов В.О. Досвід моделювання вентиляційних мереж підземних споруд. Донбас-2020: наука і техніка – виробництву: Матеріали III науково-практичної конференції. Донецьк, ДонНТУ, 2006. – С.77-82
2. Каледина Н.О., Романченко С.Б., Трофимов В.А., Горбатов В.А. Компьютерное моделирование задач противоаварийной защиты шахт: Методические указания. – М.: Издательство МГГУ. 2004. – Часть 1. – 45 с.
3. Трофимов В.А., Романченко С.Б. Методические указания по практическим занятиям «Моделирование шахтных вентиляционных сетей на ПЭВМ». Донецк:ДонНТУ.–2005.–28 с.

© Булгаков Ю.Ф., Трофимов В.А, Галайко К.А., 2007

## СТУКАЛО В.А., КАНД. ТЕХН. НАУК (ДОННТУ) ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕЙСТВУЮЩИХ ГЛУБОКИХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ПО ТЕПЛОВОМУ ФАКТОРУ

В статье предлагается новый метод оценки опасности глубоких угольных шахт по тепловому фактору и разделение их на группы по величине показателя  $P_t$ .

В соответствии с действующими «Правилами безопасности в угольных шахтах» [1] температура и влажность воздуха в выработках, где постоянно (в течение смены) находятся люди, должны соответствовать нормам, приведенным в таблице 1.

Таблица 1 – Максимально допустимая температура воздуха в горных выработках

Скорость воздуха, м/с	Допустимая температура, °С, при относительной влажности воздуха, %		
	75 и менее	76-90	свыше 90
до 0,25	24	23	22
0,26-0,50	25	24	23
0,51-1,00	26	25	24
1,01 и более	26	26	26

Превышение максимально допустимых температур воздуха, регламентируемых Правилами безопасности, и длительная работа шахтёров в условиях повышенных температур воздуха может существенно ухудшать здоровье и производительность труда горняков.

Правила безопасности требуют применения системы мероприятий по нормализации тепловых условий, если температура воздуха превышает предельно допустимые значения, указанные в таблице 1.

Температура и влажность воздуха в горных выработках ежемесячно контролируется вентиляционным надзором шахт и фиксируется в «Вентиляционных журналах» [2] на участках ВТБ.

В течение года температура и влажность воздуха в действующих горных выработках меняются в связи с сезонными и суточными колебаниями этих параметров на поверхности шахт, глубиной разработки и характером работ в течение суток. В связи с этим по единичным измерениям температур воздуха в действующих выработках, нельзя определить какая из шахт угольного бассейна (страны) характеризуется наиболее неблагоприятными тепловыми условиями на рабочих местах. Методики, позволяющей устанавливать наиболее неблагоприятные по тепловым условиям шахты, в настоящее время нет. В связи с этим, в условиях постоянной нехватки финансовых средств в стране и на предприятиях, трудно определить на какие шахты и выемочные участки в первую очередь следует направить средства для нормализации тепловых условий.

В данной статье предлагается методика для оценки опасности глубоких шахт по тепловому фактору.

Суть предлагаемой методики заключается в следующем. На основе ежемесячных замеров температуры и относительной влажности воздуха вентиляционным надзором, регистрируемым в «Вентиляционном журнале», определяется среднегодовое значение температуры воздуха  $\bar{t}$  (°С) в каждой действующей горной выработке шахты, где постоянно (в течение смены) находятся люди, и температура воздуха превышает допустимую. Правилами безопасности, по формуле

$$\bar{t} = \frac{\sum t_i}{n_i} \quad (1)$$



где  $\sum \bar{t}_i$  - сумма измеренных в течение года температур воздуха в действующей горной выработке, где постоянно (в течение смены) находятся люди, и температура воздуха превышают допустимую, °С;

$n_t$  – число измерений температуры воздуха за год, принятых к учёту в данной выработке.

Критерием, позволяющим оценить степень опасности тепловых условий в горной выработке действующей глубокой шахты предлагается считать показатель  $P_t$ , равный отношению среднегодовой температуры воздуха  $\bar{t}$  (°С) в данной выработке к максимально допустимой Правилами безопасности температуре воздуха  $t_{доп}$  (°С) в данной выработке в зависимости от скорости и относительной влажности воздуха (таблица 1), рассчитываемый по выражению

$$P_t = \frac{\bar{t}}{t_{доп}} \quad (2)$$

Значения величины показателя  $P_t$  определяют для всех действующих выработок, с температурой, превышающей допустимую Правилами безопасности (таблица 1), где постоянно (в течение смены) находятся люди. Этими выработками являются очистные и подготовительные выработки, выработки выемочных участков, поддерживаемые основные транспортные выработки, камеры и др.

По результатам замеров температуры воздуха вентиляционным надзором в предыдущем году для каждой выработки рассчитывается показатель  $P_t$ . Из всех выработок глубокой шахты выбирается выработка с наибольшим значением показателя  $P_t$ , по которому устанавливается группа опасности в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Деление шахт на группы по опасности температурных условий

Группа трудности шахты по тепловому фактору	Значение показателя $P_t$
1	от 1,01 до 1,1
2	от 1,11 до 1,2
3	от 1,21 до 1,3
4	1,31 и более

Из таблицы 2 видно, что чем больше показатель  $P_t$  тем выше номер группы трудности глубокой шахты по тепловому фактору и, следовательно, тем опаснее влияние тепловых условий на здоровье шахтёров.

В соответствии с действующими Правилами безопасности руководство шахты (служба участка ВТБ) на основе результатов контроля температуры воздуха вентиляционным надзором и определения показателя  $P_t$  должно разработать конкретные мероприятия по снижению температуры воздуха для каждой действующей выработки, в которой показатель  $P_t > 1$ . В первую очередь должно планироваться применение горнотехнических мероприятий. Если горнотехнических мероприятий недостаточно для снижения температуры воздуха до допустимых значений, следует предусматривать применение искусственного охлаждения воздуха с помощью холодильных установок.

Нами предлагается, чтобы местные органы Госпромгорнадзор совместно с производственными объединениями (государственной угольной компанией) на основе контроля температуры воздуха вентиляционным надзором и результатов определения показателей  $P_t$  устанавливали совместным приказом группу трудности каждой глубокой шахты по тепловому фактору.

Отнесение глубокой шахты к той или иной группе по температурным условиям еще не дает возможности определить, какая из шахт данной группы является самой трудной по тепловому фактору.

Распределение шахт одной группы по трудности температурных условий можно производить на основе определения для каждой глубокой шахты суммы величин показателей  $\sum \dot{I}_{ii}$ , полученных по данным предыдущего года для действующих выработок, в которых постоянно (в течение смены) находятся шахтёры. Наиболее трудной по тепловому фактору будет та шахта данной группы, для которой сумма  $\sum \dot{I}_i$  наибольшая. Это обусловлено не только наибольшей величиной показателя  $\Pi_t$  для одной из выработок шахты, но и количеством действующих выработок, для которых показатель  $\Pi_t > 1$ . Если это не учитывать, то возможен случай, когда на некоторой из глубоких шахт имеется всего одна действующая выработка с наибольшим в данном горнотехническом районе показателем  $\Pi_t$ , а другие шахты имеют значительно большее количество объектов с показателем  $\Pi_t > 1$ , но меньшими его значениями, чем в выше указанной шахте. По нашему мнению при оценке трудности шахт по тепловому фактору надо учитывать не только величину показателя  $\Pi_t$ , но и количество объектов (выработок) с показателями  $\Pi_t > 1$ . Наиболее опасной по тепловому фактору в данной группе (таблица 2) является шахта, для которой сумма показателей  $\sum \dot{I}_i$  наибольшая.

С учётом присвоенных приказом групп трудности шахт по тепловому фактору и величине  $\sum \dot{I}_i$  можно более рационально распределять выделяемые государством средства на нормализацию тепловых условий в глубоких шахтах.

Библиографический список

Правила безопасности в угольных шахтах. НПАОП 10.0-1.01-05-К.:2005.-398 с.

Сборник инструкций к «Правилам безопасности в угольных шахтах».-К.:2003, том 1. – 478 с.

© Стукало В.А., 2007

УДК 622.831.325:622.235

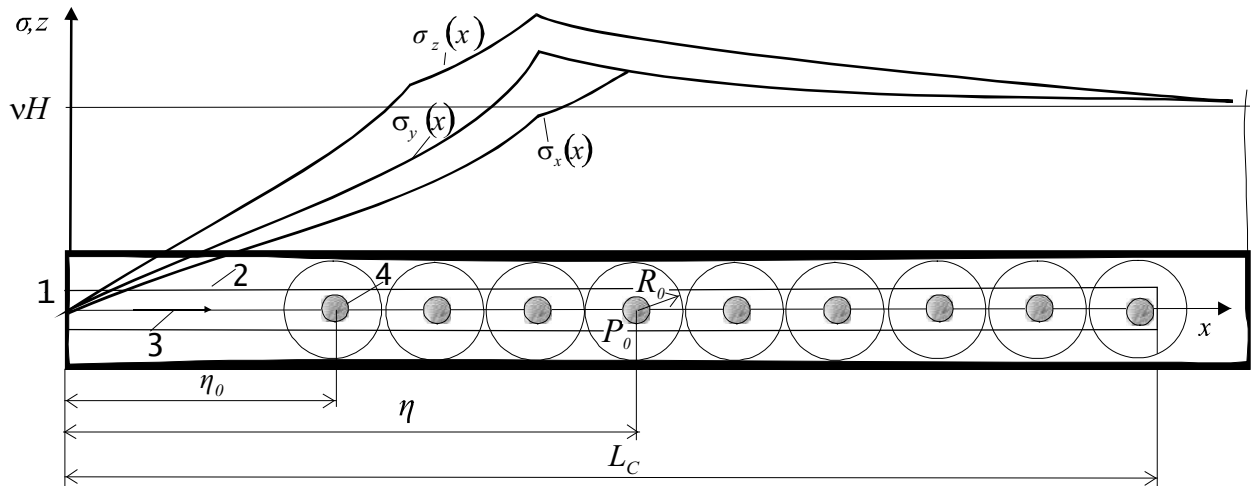
### **ЯЙЛО В.В. (ДОННТУ) ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМУ И РАЗМЕРЫ ЗОНЫ РАЗРУШЕНИЯ ПЛАСТА ПРИ ВЗРЫВЕ СКВАЖИННОГО ЗАРЯДА**

*Приведены основные результаты аналитического исследования закономерностей действия взрыва скважинного заряда в краевой части угольного пласта, определяющие форму и размеры зоны разрушения.*

К условиям взрывания скважинного заряда в краевой части угольного пласта следует отнести наличие свободной поверхности, направление инициирования заряда, сопротивляемость угля разрушению и напряженно-деформированное состояние пласта. При этом наличие свободной поверхности и направление инициирования являются заданными, а сопротивляемость угля разрушению и напряженно-деформированное состояние пласта – природными, имеющими численное выражение, факторами. При постоянном диаметре скважины изменяющимися факторами являются мощность и масса ВВ, длина скважины и забойки.

Решение задачи о влиянии выше указанных факторов на размеры и форму зоны разрушения пласта ограничивалось качественной стороной. Поэтому аналитическая модель, описывающая данную задачу, и модель среды (угольный пласт) приняты с некоторыми допущениями, а из-за сложности и громоздкости используемого математического аппарата в

данной работе приведены только основные постановочные положения, некоторые промежуточные и конечные результаты решения задачи<sup>1</sup>. Угольный пласт рассматривался как упругий однородный изотропный, а функция детонационного давления в скважине – как суперпозиция взрывных импульсов последовательной совокупности элементарных сферических зарядов (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема к постановке задачи: 1 – свободная поверхность пласта; 2 – скважина; 3 – направление инициирования заряда; 4 – элементарный сферический заряд;  $\sigma_x(x)$ ,  $\sigma_y(x)$  и  $\sigma_z(x)$  – эпюры главных статических напряжений;  $L_c$  и  $\eta_0$  соответственно длина скважины и забойки;  $\eta$  – текущая координата элементарного заряда;  $P_0$  – давление внутри сферической полости радиуса  $R_0$ ;  $\gamma$  – объемный вес вышележащих пород;  $H$  – глубина от земной поверхности.

В основу решения задачи было положено решение уравнения движения упругой среды для сферической полости радиуса  $R_0$ , равномерно нагруженной давлением  $P_0$  от взрывного импульса точечного заряда.

Для учета влияния на параметры импульса волны динамических напряжений исходных статических напряжений в краевой части пласта  $\sigma_x(x)$ ,  $\sigma_y(x)$  и  $\sigma_z(x)$  было положено экспериментально установленное уменьшение длительности взрывного импульса элементарного заряда вследствие сокращения времени развития сферической полости и ее конечных размеров в условиях всестороннего сжатия. Допуская, что среднее статическое напряжение  $\bar{\sigma}(\eta)$  в точке расположения элементарного заряда с координатой  $\eta$  оказывает такое же влияние на длительность  $T$  взрывного импульса, как и гидростатическое давление, зависимость  $T(\bar{\sigma}(\eta))$  определялась с использованием экспериментальных данных для горючего сланца [1] путем их сглаживания по гиперболе методом скользящей средней.

$$T(\bar{\sigma}(\eta)) = 6 + \frac{486}{\bar{\sigma}(\eta) + 20}.$$

Для определения  $\bar{\sigma}(\eta) = 1/3(\sigma_x(x) + \sigma_y(x) + \sigma_z(x))$  использовано решение задачи о распределении главных напряжений в краевой части угольного пласта [2]. В прилегающей к выработке зоне предельного состояния напряжения описываются уравнениями

<sup>1</sup> Подробно с используемым математическим аппаратом можно ознакомиться у автора работы.

$$\sigma_x(x) = kv\xi(e^{\varphi x} - 1); \quad \sigma_y(x) = \zeta\sigma_z(x); \quad \sigma_z(x) = kve^{\varphi x}$$

где  $k$  - коэффициент сцепления угля;  $\varphi = \frac{2tg\rho(d + \zeta m)}{\zeta md}$ ;  $\zeta = \frac{1 - \sin \rho}{1 + \sin \rho}$ ;  $v = \frac{\cos \rho}{1 - \sin \rho}$ ,

где  $\rho$  - угол внутреннего трения;  $m$  - мощность пласта;  $d$  - ширина выработки.

К части зоны предельного состояния примыкает зона упруго-разгруженного состояния, в которой напряжения описываются уравнениями

$$\bar{\sigma}_x(x) = e^{zx} \left[ \bar{\sigma}_0 e^{-zLn} + \frac{R}{\Psi} (e^{-zLn} - e^{-zx}) + \frac{\Delta m AB}{a + z} (e^{-(a+z)Ln} - e^{-(a+z)x}) \right];$$

$$\bar{\sigma}_y(x) = R + \Psi\sigma_x(x) + v\Delta mAe^{-ax};$$

$$\bar{\sigma}_z(x) = R + \Psi\sigma_x(x) + \Delta mAe^{-ax},$$

где  $R = \gamma H(1 - \Psi)$ ;  $z = \left( \frac{2tq\rho}{m} + \frac{2tq\rho}{a} \right) \Psi$ ;  $\Psi = \frac{v}{1 - v}$ ;  $A = \frac{E}{(1 - v^2)m}$ ;  $B = \frac{2tq\rho}{m} + v \frac{2tq\rho}{d}$ ;  $E$ -

модуль упругости угля;  $v$  - коэффициент Пуассона;  $\bar{\sigma}_0$  - напряжение на границе зоны предельного состояния, протяженность которой определяется уравнением

$$L_n = \frac{1}{\varphi} \ln \frac{R - \psi k v + \Delta m e^{-aL_n}}{k v (1 - \Psi \zeta)}.$$

В третьей зоне пласт испытывает лишь упругие деформации по мощности, для этой зоны

$$\bar{\sigma}_x(x) = \bar{\sigma}(y) = \frac{\Delta m E v}{\omega m (1 - v)} e^{-ax} + \gamma H E.$$

$$\bar{\sigma}_z(x) = \frac{\Delta m E}{\omega m} e^{-ax} + \gamma H E.$$

где  $\Delta m$  - сближение почвы и кровли пласта;  $a$  - эмпирический коэффициент, характеризующий свойства массива;  $\omega = 1 - \frac{2v^2}{1 - v}$ .

Взрывной импульс точечного заряда аппроксимирован прямоугольным импульсом в виде разности двух «ступенек» - функции Хевисайда  $\tau$  [3] с использованием выражения [4]

$$P(\eta, t) = P_0 \left\{ \tau \left[ t - \frac{\eta - \eta_0}{D} \right] - \tau \left[ t - \left( \frac{\eta - \eta_0}{D} + T \bar{\sigma}(\eta) \right) \right] \right\},$$

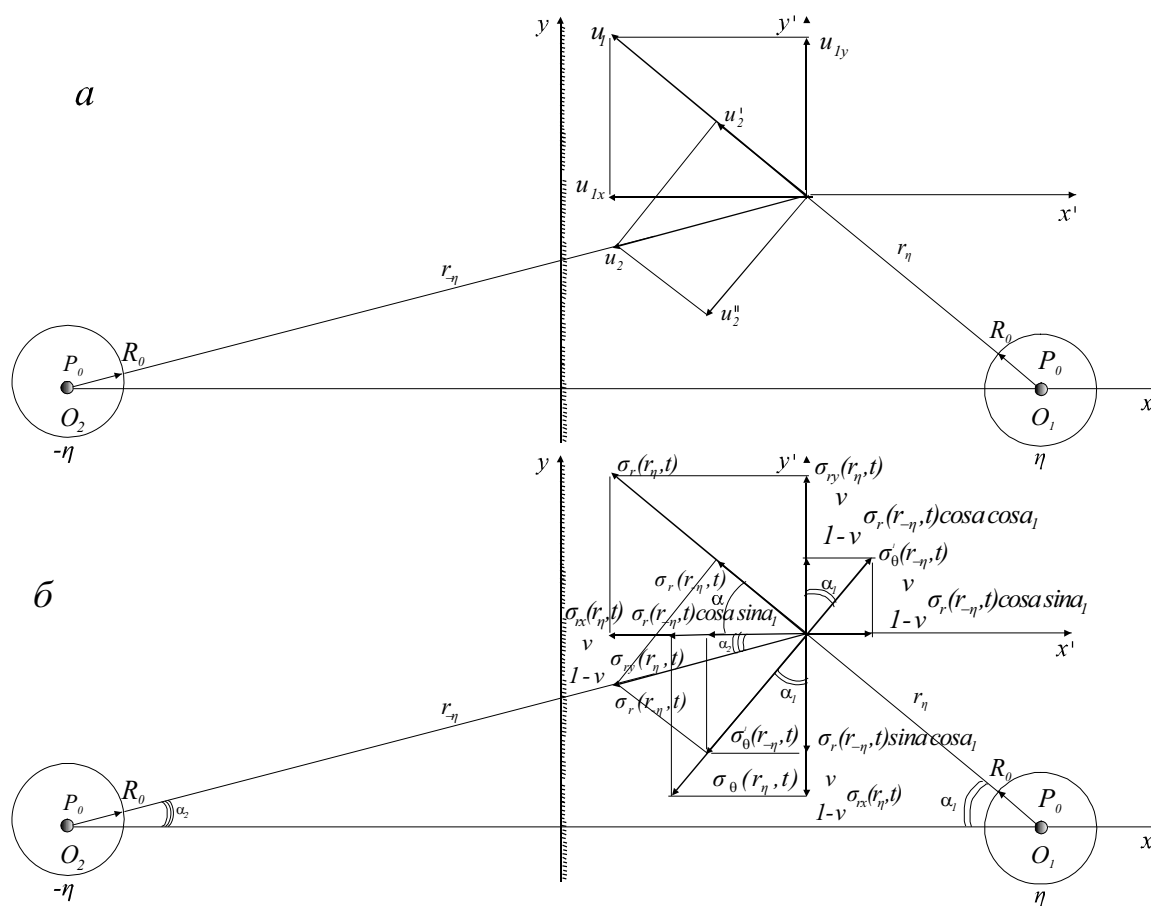
согласно которому в каждой сферической полости радиуса  $R_0$ , в момент времени

$t_0 = \frac{\eta - \eta_0}{D}$  мгновенно возникает давление  $P_0$ , которое в течение времени  $T\bar{\sigma}(\eta)$  держится

постоянно, а затем в момент  $t_0^i = \frac{\eta - \eta_0}{D} + T\bar{\sigma}(\eta)$  мгновенно уменьшается до нуля ( $t$  - время, отсчитываемое с момента инициирования;  $D$  - скорость детонации ВВ).

По результатам решения уравнения движения упругой среды для элементарного заряда и соответствующих преобразований были получены выражения для радиального  $\sigma_r(r_\eta, t)$  и тангенциального напряжений  $\sigma_\theta(r_\eta, t)$ , возникающих при взрыве элементарного сферического заряда в произвольной точке пласта в момент времени  $t$ .

Для количественного учета эффекта отражения волны от свободной была разработана схема расчета тангенциального напряжения в точке  $(x, y)$  полупространства по известным смещениям среды, обусловленным действием прямой волны сжатия от реального заряда  $O_1$  и обратной волны разряжения от симметрично ему расположенного фиктивного заряда  $O_2$  отрицательной мощности (рис. 2).



**Рис.3.2.** Схема смещений (а) и напряжений (б) в среде при расчете отражения сферической волны от плоскости свободной поверхности

Для приближенной теоретической оценки границы действия взрыва был принят следующий критерий разрушения:

$$I_{\theta \max}(x, y, z) = [I_\theta],$$

где  $I_{\theta_{\max}}(x, y, z)$  - результирующий максимальный удельный импульс тангенциальных напряжений, возникающих при взрыве элементарных сферических зарядов (скважинного заряда) в точке  $(x, y)$  пласта в момент времени  $t$ ;  $[I_{\theta}]$  - предельный (разрушающий) удельный импульс тангенциального напряжения.

Результирующий удельный импульс  $I_{\theta}(x, y, t)$  тангенциальных напряжений определялся как геометрическая сумма его проекций  $I_{\theta_x}(x, y, t)$  и  $I_{\theta_y}(x, y, t)$  на координатные оси. Для этого определялись проекции  $\sigma_{\theta_x}(x, y, t)$  и  $\sigma_{\theta_y}(x, y, t)$  тангенциального напряжения в точке  $(x, y)$  пласта (полупространства) через проекции  $\sigma_{rx}(x, y, t)$  и  $\sigma_{ry}(x, y, t)$  радиального напряжения  $\sigma_r(r, \eta, t)$  возникающего от реального заряда и радиальное напряжение  $\sigma_r(r, \eta, t)$ , возникающее от фиктивного заряда  $O_2$ . Радиальные напряжения, возникающие соответственно за счет смещений  $u_2^I$  и  $u_2^{II}$  также определялись через напряжение  $\sigma_r(r, \eta, t)$ .

Окончательные выражения для расчета результирующего удельного импульса имеют вид

$$I_{\theta}(x, y, t) = \sqrt{(I_{\theta_x}^2(x, y, t) - I_{\theta_y}^2(x, y, t))},$$

$$\text{где } I_{\theta_x}(x, y, t) = P_0 R_0^3 \sum_{n=1}^n \left\{ \begin{aligned} & - \frac{v}{1-v} \frac{y}{r_{\eta}^4} T(\bar{\sigma}(\eta)) \left\{ \tau [c(t-t_0) - r_{-\eta}] - \tau [c(t-t'_0) - r_{-\eta}] \right\} - \\ & - \frac{v}{1-v} \frac{\cos \alpha'_1 \sin \alpha'_1}{r_{-\eta}^3} T(\bar{\sigma}(\eta)) \left\{ \tau [c(t-t_0) - r_{-\eta}] - \tau [c(t-t'_0) - r_{-\eta}] \right\} + \\ & + \frac{\sin \alpha'_1 \sin \alpha_1}{r_{-\eta}^3} T(\bar{\sigma}(\eta)) \left\{ \tau [c(t-t_0) - r_{-\eta}] - \tau c[(t-t'_0) - r_{-\eta}] \right\} \end{aligned} \right\};$$

$$I_{\theta_y}(x, y, t) = P_0 R_0^3 \sum_{n=1}^n \left\{ \begin{aligned} & - \frac{v}{1-v} \frac{|x-\eta|}{r_{\eta}^4} T(\bar{\sigma}(\eta)) \left\{ \tau [c(t-t_0) - r_{-\eta}] - \tau [c(t-t'_0) - r_{-\eta}] \right\} - \\ & - \frac{v}{1-v} \frac{\cos \alpha'_1 \cos \alpha'_1}{r_{-\eta}^3} T(\bar{\sigma}(\eta)) \left\{ \tau [c(t-t_0) - r_{-\eta}] - \tau [c(t-t'_0) - r_{-\eta}] \right\} + \\ & + \frac{\sin \alpha'_1 \cos \alpha'_1}{r_{-\eta}^3} T(\bar{\sigma}(\eta)) \left\{ \tau [c(t-t_0) - r_{-\eta}] - \tau c[(t-t'_0) - r_{-\eta}] \right\} \end{aligned} \right\};$$

$$\text{где } n = \frac{L_c - \eta_0}{2R_0} + 1; \quad \alpha'_1 = \arctg \frac{\sum \sigma_{ry}(r_{\eta}, t)}{\sum \sigma_{rx}(r_{\eta}, t)}; \quad \alpha_1 = \arctg \frac{\sum \sigma_{ry}(r_{\eta}, t)}{\sum \sigma_{rx}(r_{\eta}, t)} + \arctg \frac{y}{|-\eta| + x}.$$

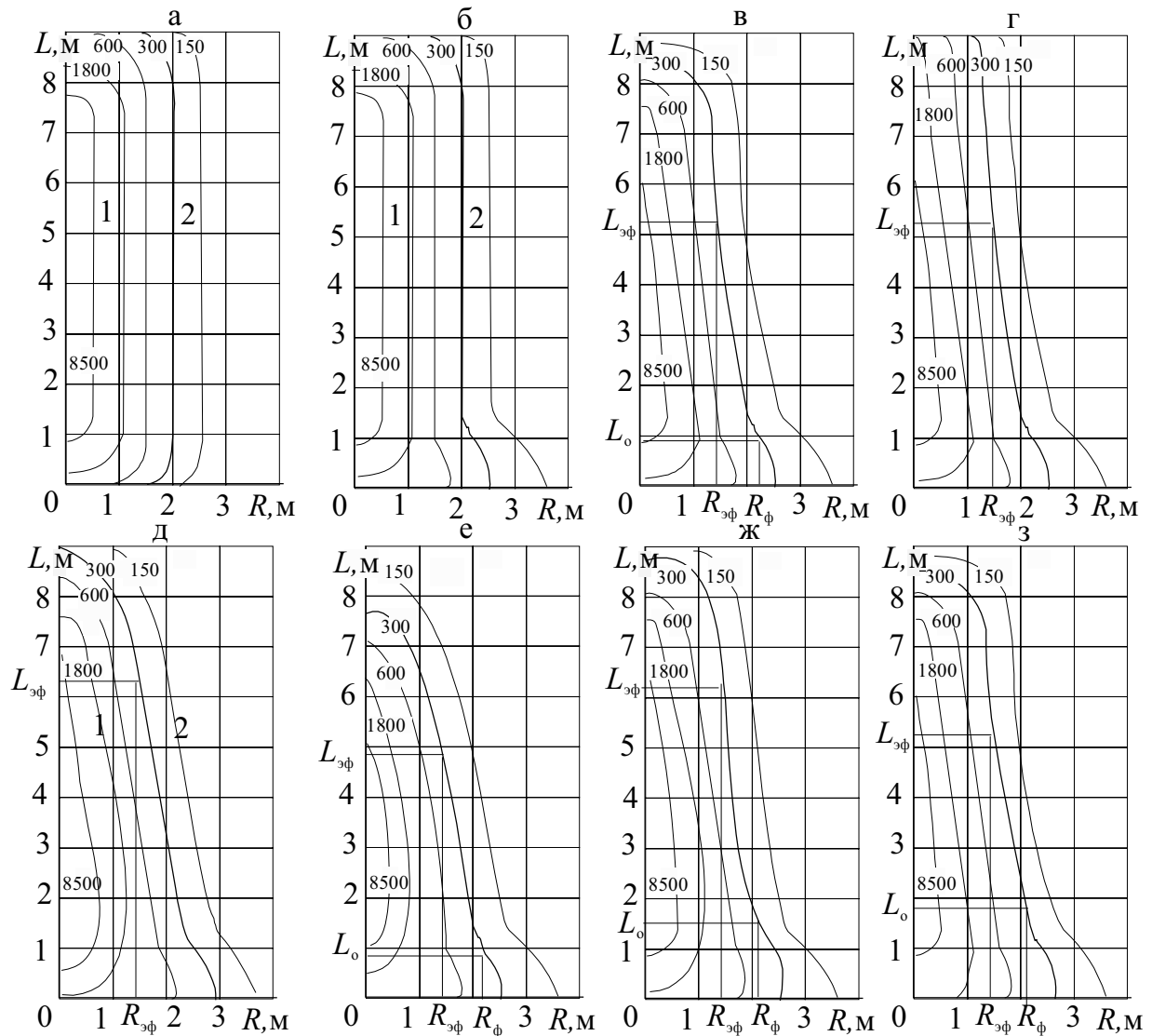
В результате расчета на ПЭВМ в точках с координатами  $\Delta x, 2\Delta x, \dots, x$  для заданной последовательности промежутков времени ( $\Delta t = 200$  мкс) получены значения  $I_{\theta}(x, y, t)$ , что позволило определить максимальные  $I_{\theta_{\max}}(x, y, t)$ , действующие в этих точках. Для иллюстрации результатов решения задачи методом графического экстраполирования в координатах радиус  $R$  (ось  $y$ ) и протяженность  $L$  (ось  $x$ ) зоны разрушения построены изолинии  $I_{\theta_{\max}}(x, y, t)$ , по которым определены границы зоны разрушения - изолинии, соответствующие  $[I_p] = 300$  Па·с (рис.3).

Уравнения изолиний предельных удельных импульсов в координатах  $L, R$  можно аппроксимировать функцией вида  $L(R)$ , которая в первом приближении характеризует как формулу, так и размеры зоны разрушения пласта.

Как видно из графиков рис.3 а, б, в, свободная поверхность и напряженное состояние пласта определяют форму зоны разрушения, близкую конусу.

Оценка влияния различных факторов на размеры зоны разрушения достигалось изменением численных значений  $L_c$ ,  $P_0$ ,  $\gamma H$ ,  $\Delta m$ ,  $\rho$ ,  $\eta_0$  (рис.3 в, г, д, е, ж, з). Полученное на данном этапе решение можно представить в неявном виде в следующей форме:

$$L_{эф}(R_{эф}) = f(L_c, P_0, \gamma H, \Delta m, \rho, \eta_0).$$



**Рис.3.** Изолинии максимальных (1) и предельных (2) удельных импульсов тангенциальных напряжений: а) без учета влияния свободной поверхности и напряженного состояния пласта, при  $P_0 = 15000$  МПа,  $R_0 = 0,25$  м,  $L_c = 7,0$  м,  $\eta_0 = 1,5$  м,  $D = 2500$  м/сек,  $c = 1250$  м/сек,  $\nu = 0,35$ ; б) то же с учетом влияния свободной поверхности; в) то же, что и (б), но с учетом напряженного состояния пласта, при  $\gamma H = 20$  МПа,  $E = 1000$  МПа,  $\kappa = 0,13$  МПа,  $\rho_0 = 15^\circ$ ,  $m = 1,0$  м,  $\Delta m = 0,08$  м,  $d = 4,0$  м,  $a = 0,001$ ; г) то же, что и (в), но при  $L_c = 8,0$  м; д) – то же, что (в), но при  $P_0 = 16000$  МПа; е) то же, что и (в), но при  $\gamma H = 30$  МПа;  $\rho_0 = 18^\circ$ ; ж) то же, что и (в), но при  $\Delta m = 0,1$  м,  $\rho = 12^\circ$  з) то же, что и (в), но при  $\eta_0 = 1,0$  м;  $L_c$  и  $R_0$  - протяженность и радиус зоны разрушения;  $L_{эф}$  - эффективная длина скважины, соответствующая радиусу эффективного влияния  $R_{эф} = 1,5$  м;  $L_0$  - глубина откольной зоны на расстоянии  $R_{эф}$  от оси скважины; 8500, 150 – величина удельных импульсов, Па с.

Из графиков (рис. 3 в, г, д, е, ж, з) видно, что разрушение пласта в пределах заданного радиуса эффективного влияния (разрушения)  $R_{эф} = 1,5$  м возможно не по всей длине скважины, а только на участке так называемой эффективной длины скважины  $L_{эф}$ . Из решения задачи следует (рис. 3 в, г), что увеличение длины скважины не приводит к росту ее эффективной длины, т.е.  $L_{эф} \leq L_c$ . Вместе с тем, при прочих равных условиях взрывания, именно длиной скважины определяется минимально возможное значение  $L_{эф}$ . Тогда учитывая, что длина забойки  $\eta_0$  не оказывает влияния на  $L_{эф}$  (рис. 3 в, з), получаем

$$L_{эф}(R_{эф}) = f(L_c, P_0, \gamma H, \Delta m, \rho).$$

Для реальных условий взрывания давление  $P_0$  характеризует влияние на  $L_{эф}$  работоспособности  $A$  и удельной массы ВВ. Удельная масса ВВ по всей длине скважинного (однорядного колонкового) заряда постоянна. С увеличением  $P_0$  возрастает  $L_{эф}$  (рис. 3 д), поэтому, при прочих равных условиях взрывания скважинных зарядов в краевой части пласта

$$L_{эф}(R_{эф}) = f(A).$$

Справедливость данного положения очевидна. Следует применять наиболее мощные ВВ, допущенные к применению в угольных шахтах.

При взрывании скважинных зарядов ВВ одного типа или одинаковых по взрывным свойствам

$$L_{эф}(R_{эф}) = f(L_c, \gamma H, \Delta m, \rho).$$

Расчетные параметры  $\gamma H$ ,  $\Delta m$  и  $\rho$  достаточно полно характеризуют напряженное состояние краевой части пласта. Для более прочных углей ( $\rho = 18^\circ$ ) увеличение  $\gamma H$  приводит к росту сжимающих напряжений и, следовательно, к уменьшению  $L_{эф}$  (рис. 3 в, е). Характер распределения напряжений в массиве зависит, в основном, от величины сближений  $\Delta m$  почвы и кровли пласта. Для менее прочного угля ( $\rho = 12^\circ$ ) с увеличением  $\Delta m$  максимум концентрации напряжений перемещается в глубину массива, вследствие чего  $L_{эф}$  возрастает (рис. 3 в, ж). Интегральной характеристикой напряженно-деформированного состояния выбросоопасного пласта является величина безопасной зоны разгрузки  $l_0$ , определяемая по динамике начальной скорости газовыделения. Следовательно, при разработке способов предотвращения выбросов угля и газа с целью оптимизации длины скважин для условий различного напряженно-деформированного состояния пласта необходимо экспериментальное исследование и определение зависимости

$$L_{эф}(R_{эф}) = f(L_c, l_0).$$

По результатам решения задачи (см. рис. 3 в, е, ж, з) можно сделать вывод, что при прочих равных условиях взрывания заряда глубина предполагаемой откольной зоны  $L_0$  на определенном (фиксированном) расстоянии  $R_\phi$  от оси заряда возрастает при уменьшении длины забойки и напряжений в призабойной области пласта. Вместе с тем, исследования на моделях показали, что при взрывании заряда в зоне переменных напряжений с увеличением давления на модель увеличивается глубина откольной зоны. Это объясняется тем, что осевые компоненты статического и динамического полей напряжений имеют в призабойной области одинаковое направление, и их взаимодействие должно облегчить динамическое разрушение. Взрыв как бы проявляет тот неявный отжим, который не может реализовать



при фиксированном давлении. Несоответствие результатов аналитических и экспериментальных исследований обусловлено тем, что при решении задачи критерием разрушения не учитывалось изменение величины разрушающего удельного импульса тангенциального напряжения в зависимости от изменения напряженно-деформированного состояния пласта.

Безопасная зона разгрузки является частью зоны неупругих деформаций, в которой возможно разрушение пласта по откольному механизму. Следовательно, необходимо экспериментальное исследование зависимости

$$L_0(R_{эф}) = f(\eta_0, l_0).$$

Ее знание позволит разработать рекомендации по снижению вероятности возникновения выбросов угля и газа при взрывании зарядов путем оптимизации длины забойки для условий различного напряженно-деформированного состояния пласта.

Предложенная математическая модель и установленные закономерности действия взрыва скважинного заряда могут быть использованы не только при разработке способов предотвращения выбросов угля и газа, но и при разработке других способов различного технологического назначения, основанных на взрывном воздействии на угольно-породный массив.

#### **Библиографический список**

Снижение напряженности горного массива с помощью взрыва / А.И. Ханукаев, Н.Ф. Кузов, В.И. Пшеничный и др. – М.: Наука, 1979. – 120 с.

Борисенко А.А. Напряженное состояние призабойной зоны выбросоопасного пласта. – В кн.: Вопросы аэрологии и безопасности в угольных шахтах: Научн. Сообщения / ИГД им. А.А. Скочинского.- М., 1976, вып. 143, с.10-14.

Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. – Киев: Техника, 1975. – 766 с.

Управление энергией взрыва при разрушении горных пород /Ю.С. Мец, В. А. Салганик, А.В. Подорванов и др. – Киев: Техника, 1971. – 136 с

© Яйло В.В. ,2007

**Ю.Ф. БУЛГАКОВ, Я.В. МЕЛЬНИКОВА (ДОННТУ), ЗИНЧЕНКО И.Н. (НИИГД).  
МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КАПЕЛЬНОЙ  
ЖИДКОСТИ С ВЕНТИЛЯЦИОННЫМ ПОТОКОМ И СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ  
РАСЧЕТА С ДАННЫМИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ.**

*Рассмотрены вопросы влияния параметров работы средств пожаротушения на режимы проветривания горных выработок при пожарах. Показано, что степень влияния существенно зависит от направления движения капель жидкости, распыляемой водяной установкой пожаротушения типа УВПК, а также от параметров ее работы.*

Подземные пожары продолжают оставаться одним из наиболее важных и актуальных вопросов угольной промышленности, а их тушение представляет сложную научно-техническую проблему. Важным условием успешной ликвидации подземной аварии является сохранение устойчивого режима проветривания в течение времени проведения горноспасательных работ.

Ранее авторами данной статьи была разработана математическая модель аэродинамического взаимодействия капельной жидкости с вентиляционным потоком, описанная в работе [1]. Математическая модель включает в себя систему уравнений сохранения масс и количеств движения двухфазных потоков со следующими допущениями: 1) на входе в произвольно ориентированную выработку воздух представляет собой однородную среду, не содержащую каких-либо добавок; 2) в струю воздуха, имеющего дозвуковую скорость, впрыскиваются с большей скоростью сонаправленно или противонаправленно распыленные струи жидкости; 3) участки перемешивания струй воздуха и жидкости имеют расчетную протяженность и находятся на заданном расстоянии друг от друга; 4) образующаяся при перемешивании среда является смесью воздуха и капель жидкости (коагуляция и дробление не учитываются); 5) несущая непрерывная фаза – воздух; дискретная фаза – капли несжимаемой жидкости, равномерно распределенные в вентиляционном потоке; 6) вязкие эффекты в пределах каждой фазы не учитываются и рассматривается только вязкое межфазное взаимодействие; 7) механическое взаимодействие капель жидкости с воздухом сводится к газодинамическому сопротивлению, возникшему при рассогласовании векторов скоростей движения фаз; 8) в общей постановке поток нестационарный и одномерный, направленный вдоль выработки произвольной длины.

Поток состоит из двух фаз: 1 – непрерывной фазы (воздуха) и 2 – дискретной фазы (капель жидкости в потоке). Каждая фаза рассматривается в отдельности с присвоением вышеуказанных индексов тем параметрам, к фазе которых они относятся.

Система уравнений сохранения масс или неразрывности вентиляционного потока и капель жидкости имеет вид [1]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon_1 \rho_1}{\partial \tau} + \frac{\partial \varepsilon_1 \rho_1 v_1}{\partial x} &= 0; \\ \frac{\partial \varepsilon_2 \rho_2}{\partial \tau} + \frac{\partial \varepsilon_2 \rho_2 v_2}{\partial x} &= -\frac{k_{cm} \Pi}{S} \varepsilon_2 \rho_2 v_2, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\varepsilon_i$  – объемное содержание  $i$ -ой фазы в единице объема;  $\rho_i$  – плотность  $i$ -ой фазы кг/м<sup>3</sup>;  $v_i$  – скорость  $i$ -ой фазы м/с;  $k_{cm}$  – коэффициент, характеризующий частоту столкновения капель со стенками выработки и потери под действием сил гравитации на ее почве;  $\Pi$  – периметр выработки, м;  $S$  – площадь поперечного сечения выработки, м<sup>2</sup>;  $\tau$  – время с момента включения установок водяного пожаротушения, с;  $x$  – координата в направлении движения вентиляционного потока, м;  $i$  – номер фазы.

Систему уравнений количеств стационарного движения воздуха и капель жидкости с учетом их механического взаимодействия представим в виде [1]:

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 \rho_1 \left( \frac{\partial v_1}{\partial \tau} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) &= -\frac{\partial \varepsilon_1 P}{\partial x} - \frac{\lambda \Pi}{8S} \varepsilon_1 \rho_1 v_1 |v_1| - \frac{3C_x}{4d_k} \varepsilon_2 \rho_1 (v_1 - v_2) |v_1 - v_2|; \\ \varepsilon_2 \rho_2 \left( \frac{\partial v_2}{\partial \tau} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) &= -\frac{\partial \varepsilon_2 P}{\partial x} - \varepsilon_2 \rho_2 g \sin \alpha + \frac{3C_x}{4d_k} \varepsilon_2 \rho_1 (v_1 - v_2) |v_1 - v_2|.\end{aligned}\quad (2)$$

где  $P$  – статическое давление в потоке воздуха;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\alpha$  – угол наклона выработки к горизонту, рад;  $\lambda$  – коэффициент сопротивления трения;  $C_x$  – коэффициент сопротивления движению капель жидкости;  $d_k$  – диаметр капель шаровидной формы, м.

Система уравнений (1) и (2) является замкнутой, так как содержит четыре функции: объемные содержания фаз ( $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$ ) и их скорости ( $v_1$  и  $v_2$ ). Остальные параметры можно принять в некотором приближении за константы.

При моделировании аэродинамического взаимодействия капельной жидкости с вентиляционным потоком будем рассматривать стационарный режим работы установок, образующих факелы диспергированной воды. В этом случае можно пренебречь производными во времени в уравнениях систем (1) и (2). Тогда уравнения сохранения масс (1) примут вид:

$$\frac{\partial(\varepsilon_1 \rho_1 v_1)}{\partial x} = 0; \quad \frac{\partial(\varepsilon_2 \rho_2 v_2)}{\partial x} = -\frac{k_{cm} \Pi}{S} \varepsilon_2 \rho_2 v_2.\quad (3)$$

Уравнения сохранения количеств движения (2) в этом случае преобразуются к виду:

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 \rho_1 v_1 \frac{dv_1}{dx} &= -\frac{d(\varepsilon_1 P)}{dx} - \frac{\lambda \Pi}{8S} \varepsilon_1 \rho_1 v_1 |v_1| - \frac{3C_x}{4d_k} \varepsilon_2 \rho_1 (v_1 - v_2) |v_1 - v_2|; \\ \varepsilon_2 \rho_2 v_2 \frac{dv_2}{dx} &= -\frac{d(\varepsilon_2 P)}{dx} - \varepsilon_2 \rho_2 g \sin \alpha + \frac{3C_x}{4d_k} \varepsilon_2 \rho_1 (v_1 - v_2) |v_1 - v_2|;\end{aligned}\quad (4)$$

При рассмотрении сетевых вентиляционных задач обычно пренебрегают динамическим напором вентиляционного потока (выражение в левой части первого уравнения системы (4) по сравнению со статическим напором (первое выражение в правой части первого уравнения системы (4)). Наоборот, во втором уравнении системы (4) можно пренебречь влиянием статического давления на динамику капель жидкости, поскольку объемное ее содержание ничтожно мало. Тогда вместо системы уравнений (4), полагая при этом  $\varepsilon_1 \approx 1$ , получим:

$$\begin{aligned}-\frac{dP}{dx} &= \frac{\lambda \Pi}{8S} \rho_1 v_1 |v_1| + \frac{3C_x}{4d_k} \varepsilon_2 \rho_1 (v_1 - v_2) |v_1 - v_2|; \\ v_2 \frac{dv_2}{dx} &= -g \sin \alpha + \frac{3C_x}{4d_k} \frac{\rho_1}{\rho_2} (v_1 - v_2) |v_1 - v_2|;\end{aligned}\quad (5)$$

Анализ системы уравнений (5) показывает, что при сонаправленном движении капель жидкости ( $v_2 > 0$ ) и вентиляционного потока последний может как ускоряться, если  $v_2 > v_1$ , так и замедляться  $v_2 < v_1$ . При этом капли жидкости будут наоборот замедляться и ускоряться соответственно.

К системе уравнений (3) и (5) добавим граничные условия в месте работы установки пожаротушения водой:

$$1) \varepsilon_1(0) = \varepsilon_{10}; 2) v_1(0) = v_{10}; 3) \varepsilon_2(0) = \varepsilon_{20}; 4) v_2(0) = v_{20}, \dots\dots\dots(6)$$

где параметры с индексами «10» и «20» означают начальное объемное содержание воздуха и диспергированной воды, а также их скорости на выходе из форсунок в месте работы установки пожаротушения.

Примем, что плотности воды и воздуха являются константами:  $\rho_1 = \text{const}; \rho_2 = \text{const}$ . Тогда, интегрируя уравнения системы (3) и используя граничные условия (6), получим:

$$\varepsilon_1 v_1 = \text{const}; \varepsilon_2 v_2 = \varepsilon_{20} v_{20} \exp\left(-\frac{k_{cm} \Pi x}{S}\right). \quad (7)$$

Из первого решения (7) следует, что скорость воздуха в выработке можно считать не зависящей от продольной координаты, если  $\varepsilon_1 \approx 1$ .

Для получения аналитических решений уравнений системы (5) представим их, полагая  $v_2 \gg v_1$ , в виде:

$$-\frac{dP}{dx} = \frac{\lambda \Pi}{8S} \rho_1 v_1 |v_1| + \frac{3C_x}{4d_k} \varepsilon_2 \rho_1 (v_1 - v_2) |v_2|;$$

$$(v_2 - v_1) \frac{dv_2}{dx} = -g \sin \alpha + \frac{3C_x}{4d_k} \frac{\rho_1}{\rho_2} (v_1 - v_2) |v_1 - v_2|. \quad (8)$$

Из сравнения уравнений (8) с уравнениями системы (5) следует, что они почти не отличаются друг от друга, поскольку скорость движения капель жидкости намного больше скорости вентиляционного потока ( $v_2 - v_1 \approx v_2$ ). Это позволяет представить второе уравнение (8) в виде:

$$\frac{d(v_2 - v_1)^2}{dx} = -2g \sin \alpha - \frac{3C_x}{4d_k} \frac{\rho_1}{\rho_2} (v_1 - v_2) |v_1 - v_2|. \quad (9)$$

Сонаправленное движение капель жидкости и вентиляционного потока. Рассмотрим случай, когда направления струй воздуха и распыленной жидкости совпадают. При этом примем  $v_2 > v_1$ . В предельном случае  $x \rightarrow \infty$ , когда производной по координате можно пренебречь, из уравнения (8) получим формулу для расчета предельной скорости движения капель жидкости:

$$v_{2\infty} = v_1 - g \sin \alpha \sqrt{|\sin \alpha| \frac{4\rho_2 g d_k}{3\rho_1 C_x}}. \quad (10)$$

Из формулы (10) следует, что в предельном случае скорость движения капель сравнивается со скоростью вентиляционного потока в горизонтальной выработке, когда  $\alpha = 0$ . В то же время в наклонной выработке скорость капель жидкости может увеличиться при углах падения меньше нуля. При углах падения больше нуля скорость капель может замедлиться и даже стать противонаправленной скорости вентиляционного поток.

Интегрируя уравнение (9), с учетом граничных условий (6) получим:

$$(v_2 - v_1)^2 = (v_{2\infty} - v_1)^2 + [(v_{20} - v_1)^2 - (v_{2\infty} - v_1)^2] \exp\left(-\frac{3C_x \rho_1}{2d_k \rho_2} x\right). \quad (11)$$

Для горизонтальной и слабо наклонной выработки  $v_{2\infty} \approx v_1$ . В этом случае вместо (11) получим:

$$v_2 = v_1 + (v_{20} - v_1) \exp\left(-\frac{3C_x \rho_1}{4d_k \rho_2} x\right). \quad (12)$$

Из формулы (12) следует, что скорость движения капель жидкости будет падать тем быстрее, чем меньше их диаметр и чем больше аэродинамическое сопротивление их движению.

Подставим решения (7) и (12) в первое уравнение системы (8), в результате чего будем иметь:

$$-\frac{dP}{dx} = \frac{\lambda \Pi}{8S} \rho_1 v_1^2 - \frac{3C_x}{4d_k} \varepsilon_{20} \rho_1 v_{20} (v_{20} - v_1) \exp\left[-\left(\frac{k_{cm} \Pi}{S} + \frac{3C_x \rho_1}{4d_k \rho_2}\right) x\right]. \quad (13)$$

Здесь знак модуля опущен, так как при сонаправленном движении капель жидкости и вентиляционного потока опрокидывания струи воздуха быть не должно.

Поскольку длина факела намного меньше длины выработки, то, интегрируя уравнение (13), получим:

$$h = \frac{\lambda \Pi L}{8S} \rho_1 v_1^2 - \frac{\varepsilon_{20} \rho_2 v_{20} (v_{20} - v_1)}{1 + \frac{4d_k \rho_2 k_{cm} \Pi}{3C_x \rho_1 S}}, \quad (14)$$

где  $h$  – депрессия, приложенная к выработке, Па;  $L$  – длина выработки м.

Из полученного решения (14) следует, что при движении капель жидкости и вентиляционного потока в одном направлении второе слагаемое положительно, если  $v_{20} > v_1$  и представляет собой депрессию одного факела, действующую совместно с депрессией вентилятора. Поэтому для нескольких факелов вместо (14) будем иметь:

$$h = RQ^2 - \frac{n\varepsilon_{20} \rho_2 v_{20} (v_{20} - v_1)}{1 + \frac{4d_k \rho_2 k_{cm} \Pi}{3C_x \rho_1 S}}, \quad (15)$$

где  $R$  – аэродинамическое сопротивление выработки, Па·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>;  $Q = v_1 S$  – расход воздуха в выработке, м<sup>3</sup>/с;  $n$  – количество водяных факелов.

Как известно, аэродинамическое сопротивление выработки определяется по формуле:

$$R = \frac{\rho_1 \lambda \Pi L}{8S^3} \quad (16)$$

Депрессия вентилятора главного проветривания, приложенная к данной выработке, как известно [2], равна:

$$h = h_0 - bQ^2, \quad (17)$$

где  $h_0$  – максимальная или критическая депрессия, приложенная к данной выработке, Па;  $b$  – дополнительное аэродинамическое сопротивление, создаваемое вентилятором главного проветривания, Па·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>.

Формулу (15) с учетом (17) можно представить в общем виде:

$$h_0 + nh_\phi = (b + R)Q^2 + nh_\phi Q / (v_{20}S), \quad (18)$$

где  $h_\phi$  – депрессия, создаваемая одним водяным факелом, равная:

$$h_\phi = \frac{\varepsilon_{20}\rho_2 v_{20}}{1 + \frac{4d_k\rho_2 k_{cm}\Pi}{3C_x\rho_1 S}} \quad (19)$$

Разрешая уравнение (17) относительно расхода воздуха, получим:

$$Q = -\frac{nh_\phi}{2Rv_{20}S} + \sqrt{\left(\frac{nh_\phi}{2Rv_{20}S}\right)^2 + \frac{h_0 + nh_\phi}{b + R}}. \quad (20)$$

Из формулы (19) следует, что при сонаправленном движении капель жидкости и вентиляционного потока расход воздуха увеличится. Как известно, первоначальный расход воздуха в выработке составляет:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{h_0}{b + R}}, \quad (21)$$

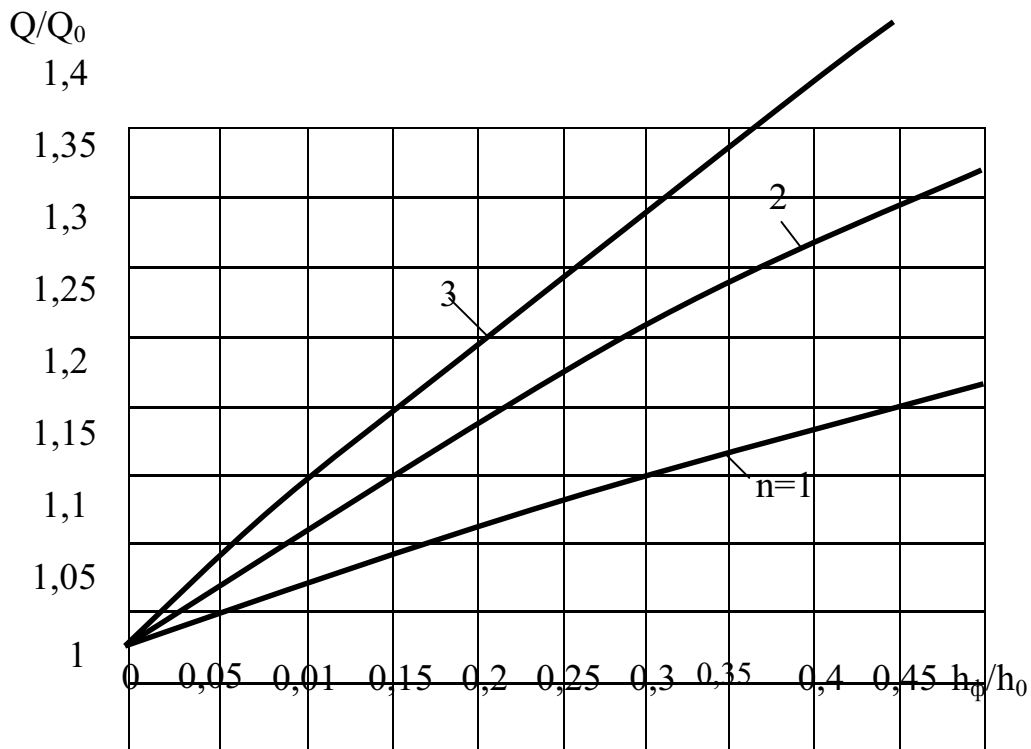
где  $Q_0$  – расход воздуха в выработке до включения водяных завес, м<sup>3</sup>/с. формулу (20) можно представить в безразмерном виде:

$$\frac{Q}{Q_0} = -\frac{nh_\phi/h_0}{2v_{20}S/Q_0} + \sqrt{\left(\frac{nh_\phi/h_0}{2v_{20}S/Q_0}\right)^2 + 1 + nh_\phi/h_0}. \quad (22)$$

На рис.1 представлены результаты расчета по формуле (22) ожидаемого расхода воздуха при различной депрессии, создаваемой работой установок водяного пожаротушения по ходу вентиляционной струи. Исходные данные для расчета приняты следующими:  $Q_0 = 10$  м<sup>3</sup>/с;  $S = 8$  м<sup>2</sup>;  $v_{20} = 10$  м/с.

Как следует из результатов математического моделирования влияния водяного пожаротушения по ходу вентиляционной струи, в этом случае всегда будет наблюдаться увеличение расхода воздуха в аварийной выработке и, возможно, опрокидывание вентиляционной струи в параллельной выработке при больших концентрациях диспергированной воды. Встречное движение капель жидкости и вентиляционного потока. Рассмотрим случай, когда направления струй воздуха и распыленной жидкости противоположны. При этом примем по модулю, что  $v_2 > v_1$ . Отсчет будем вести от места расположения установки водяного пожаротушения по ходу движения капельной жидкости. Поскольку движение воздуха будет встречным, его скорость в уравнениях системы (8) необходимо брать со знаком «минус», а также поменять направление координаты  $x$ . Тогда уравнения системы (8) и (9) примут вид:

$$\frac{dP}{dx} = -\frac{\lambda l}{8S} \rho_1 v_1 |v_1| - \frac{3C_x}{4d_k} \varepsilon_2 \rho_1 (v_2 + v_1) |v_2|;$$



$$\frac{d(v_2 + v_1)^2}{dx} = -2g \sin \alpha - \frac{3C_x}{2d_k} \frac{\rho_1}{\rho_2} (v_2 + v_1) |v_2 + v_1|. \quad (23)$$

**Рис. 1** Влияние интенсивности работы установок водяного пожаротушения на расход воздуха в выработке (по ходу вентиляционной струи).

В предельном случае при  $x \rightarrow \infty$ , когда производной по координате можно пренебречь, из второго уравнения системы (23) получим формулу для расчета конечной скорости движения капель жидкости:

$$v_{2\infty} = -v_1 - \sin \alpha \sqrt{|\sin \alpha| \frac{4\rho_2 g d_k}{3\rho_1 C_x}}. \quad (24)$$

Из формулы (24) следует, что в предельном случае скорость движения капель сравняется со скоростью вентиляционного потока в горизонтальной выработке и будет иметь знак «минус», когда  $\alpha = 0$ . В наклонной выработке скорость движения капель жидкости также станет отрицательной и сонаправленной вентиляционному потоку при углах падения больше нуля. В то же время при углах падения меньше нуля скорость движения жидкости может и в предельном случае не совпадать по направлению со скоростью вентиляционного потока. Интегрируя второе уравнение системы (23), с учетом граничных условий (6) получим:

$$(v_2 + v_1)^2 = (v_{2\infty} + v_1)^2 + [(v_{20} + v_1)^2 - (v_{2\infty} + v_1)^2] \exp\left(-\frac{3C_x \rho_1}{2d_x \rho_2} x\right) \quad . (25)$$

Для горизонтальной и слабо наклонной выработки  $v_{2\infty} \approx -v_1$ . В этом случае вместо (25) будем иметь:

$$v_2 = -v_1 + (v_{20} + v_1) \exp\left(-\frac{3C_x \rho_1}{4d_k \rho_2} x\right). \quad (26)$$

Сравнивая формулы (12) и (26), можно убедиться, что они отличаются друг от друга только знаком перед скоростью вентиляционного потока.

Таким образом, разработан аналитический аппарат для оценки влияния параметров работы установок водяного пожаротушения на режимы проветривания горных выработок при пожарах. Результаты расчетов лягут в основу методики расчета аварийных вентиляционных режимов на ПЭВМ.

### Библиографический список

1. Булгаков Ю.Ф., Трофимов В.А., Мельникова Я.В., Трофимова О.В. Оценка влияния пожара на проветривание горных выработок при работе средств пожаротушения. Монография в 2<sup>х</sup> томах, том. 1<sup>й</sup> – Геотехнологии и управление производством в 21 веке. - Донецк.- 2006.- С. -136-143.

© Булгаков Ю.Ф., Мельникова Я.В., Зинченко И.Н., 2007

УДК 622.28

### **ПЕТРЕНКО Ю.А., РЕЗНИК А.В. (ДонНТУ) ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ УГЛА ЗАЛЕГАНИЯ ПОРОД НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРОЧНОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ**

*Рассмотрено состояние горных пород выработок шахт Донбасса. Установлены основные причины деформирования металлической податливой арочной крепи. Приведены результаты лабораторных и аналитических исследований работоспособности крепи в зависимости от направления приложения нагрузки. Намечены направления повышения работоспособности арочной крепи.*

С увеличением глубины и усложнением горно-геологических условий разработки угольных месторождений в Донбассе наметилась тенденция к росту объемов применения тяжелых, грузонесущих конструкций крепи. Только за последние 20 лет несущая способность крепи возросла в 2,5-3,0 раза, стоимость крепления в 2,3 раза, а трудоемкость в 3,7 раза. Так, по данным [1], всего за три года (с 1980 по 1983гг.) существенно увеличился объем применения тяжелых спецпрофилей СВП (табл.1.).

**Табл. 1.** Объем применения спецпрофилей СВП различной массы

Год	Объем применения СВП различной массы в % от общего объ-				
	17	19	22	27	33
1980	20	30	41,6	6,7	1,7
1983	4,8	25,4	42,5	21,5	5,8



Однако попытки обеспечить безремонтное поддержание горных выработок только за счет увеличения несущей способности крепи положительных результатов не дали. Ежегодно протяженность выработок, находящихся в неудовлетворительном состоянии, увеличивается на шахтах Донбасса на 2-3% и, например, на шахтах ГП «Донуголь» составляет от 12-24% от общей протяженности поддерживаемых горных выработок (табл. 2).

**Табл. 2.** Состояние горных выработок на шахтах ГП «Донуголь»

Наименование шахт и шахтоуправлений	Протяженность поддерживаемых горных выработок, м	Деформировано, м	Деформировано, %	Среднее сечение выработок, м <sup>2</sup>
«Трудовская»	63704	13383	22,8	11,6
«Южно-Донбасская» №	103856	12090	11,9	11,6
«Южно-Донбасская» №	85153	13080	17,7	13,1
им. «Скочинского»	101373	18680	21,5	12,3
им. «Абакумова»	108970	13680	14,7	11,6
«Октябрьское»	92400	20746	23,5	10,7
«Социалистический	155014	22225	14,8	13,2

Проведенный анализ состояния горных выработок [2] показал, что преобладающим видом крепи на шахтах Донбасса остается металлическая арочная податливая крепь из СВП, которой закреплено около 90% всех выработок.

Типичным по структуре применяемых видов крепи является ГП «Донуголь» (табл.3).

**Табл. 3.** Объем применения и состояние крепи горных выработок по ГП «Донуголь»

Вид крепи	1992		1993		1994		1995	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Металлическая податли-	90,2	70,4	90,2	71,8	90,2	71,9	90,4	73,2
Бетонная	4,4	32,2	4,5	34,3	4,6	31,8	4,8	33,4
Анкерная	0,01	15,2	0,01	16,4	0,01	14,8	0,007	16,7
Другие виды	5,39	42,4	5,29	45,6	5,19	43,0	4,8	46,0
ИТОГО:	100,0		100,0		100,0		100,0	
1 — объем применения крепи, %; 2 — деформировано крепи, %								

Как видно из приведенных данных, наибольший процент деформированной крепи приходится на металлическую арочную крепь.

Опыт эксплуатации выработок, закрепленных арочной крепью, показывает [3], что основным фактором снижающим устойчивость выработок является несовпадение направления податливости постоянной крепи с преобладающими смещениями породного контура, которое отмечено в 59% штрекообразных выработок.

В выработках, пройденных по простиранию, преобладают смещения контура в направлении, нормальном к напластованию, т.е. большие деформации кровли в сечении наблюдаются со стороны падения пород, а почвы – со стороны восстания. Как в пластовых, так и в полевых штреках замок податливости срабатывает, как правило, со стороны падения пород, а со стороны восстания верхняк и стойка теряют соосность, податливость не реализуется, срез стойки развальцовывается и происходит разрыв хомутов.

Описанный характер деформаций крепи отмечен также при обследовании выработок шахт ГП «Донуголь» [2].

Для оценки работоспособности арочной крепи, в зависимости от направления наибольших смещений, были проведены лабораторные и аналитические исследования. Для проведения исследований был разработан и изготовлен специальный стенд (рис. 1).

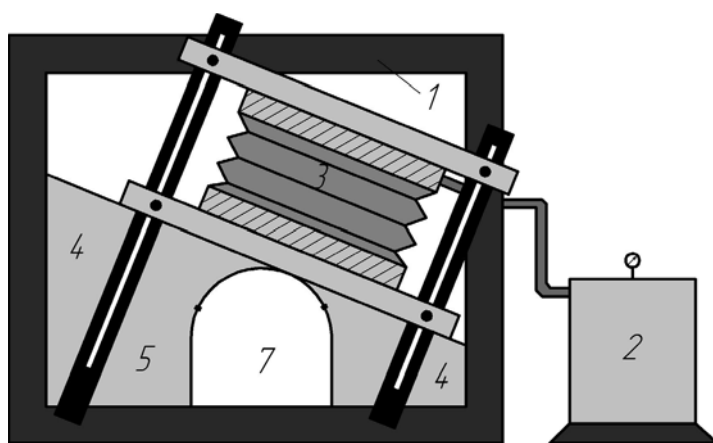


Рис. 1. Конструкция стенда

Конструкция стенда следующая. В пространственной раме 1 устанавливалась модель АПК (трехзвенной) из СВП № 27 в масштабе 1:20. Нагрузка на крепь имитировалась с помощью компрессора 2 пневмобаллона 3.

Для моделирования различных углов приложения нагрузки пневмобаллон помещался в направляющую рамку 4, которая позволяла моделировать угол падения пород от 0° до 45°. С целью моделирования реальных условий нагружения крепи, нагрузка от пневмобаллона на крепь

передавалась через слой разрыхленного материала 5, в качестве которого использовался крупнозернистый песок.

Моделировался угол падения пород 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30°. Учитывая, что усилия затягивания хомутов не моделировалась, величину податливости узлов оценивали в относительных единицах, приняв паспортную податливость крепи за единицу. Результаты измерений представлены в табл. 4.

Табл. 4. Результаты измерений

Угол залегания пород	Податливость узла № 1	Податливость узла № 2
0	1	1
5	1,0	0,8
10	1,2	0,75
15	1,5	0,6
20	2,0	0,4
25	2,2	0,25
30	2,2	0,18

Как видно из приведенных данных, уже при угле падения пород 5° наблюдается неравномерность деформации узлов податливости. При этом при угле падения пород 15° (наиболее типичный угол для условий Донбасса) податливость узла № 2 уменьшается на 40%, а при угле 30° - на 72%. После этого рама переходит в жесткий режим работы, практически не используя до конца свои потенциальные возможности.

Таким образом, проведенные исследования показали, что для повышения работоспособности арочной крепи необходимо изменить место расположения узлов податливости, с учетом угла залегания пород.

С этой целью была поставлена и решена следующая задача.

Известно, что элементы трехзвенной арочной крепи соединяются с помощью замков податливости. Действующие в поперечных сечениях рамы крепи внутренние силы, обусловленные действием внешней нагрузки, обеспечивают работу замковых соединений. Тогда,

логично предположить, что в сечениях рамы, где возникают наименьшие поперечные силы, будут обеспечены наилучшие условия для взаимного перемещения элементов крепи и работы замков податливости.

С целью установления местоположения этих сечений, были проведены расчеты арочной крепи. Рассматривались две расчетные схемы: двухшарнирная и бесшарнирная арочная крепь.

Проведенные расчеты показали, что сечения рамы, в которых действуют наибольшие продольные силы, а поперечные силы равны нулю, располагаются друг от друга на расстоянии  $\varphi R$  ( $\varphi$  - угол между радиусами  $R$  проведенными через эти сечения).

Величина угла ( $\varphi$  в зависимости от угла залегания пород составляет от 70 до 100°. Ось симметрии этих сечений повернута относительно вертикальной оси рамы на 10-15° в сторону нормали к напластованию пород.

Другим направлением повышения работоспособности металлической арочной крепи является активное управление процессом формирования зоны неупругих деформаций вокруг выработки с целью обеспечения соосности преобладающих смещений контура выработки и направления податливости крепи. Это можно осуществить за счет искусственной разгрузки и ослабления массива, путем взрывания камуфлетных зарядов ВВ в направлении восстания пород.

На наш взгляд это более перспективное направление, так как позволяет оперативно реагировать на изменение условий залегания пород не меняя конструкции крепи и позволяет более полно использовать несущую способность породного массива за счет его локальной разгрузки.

#### **Библиографический список**

**Литвинский Г.Г., Гайко Г.И., Кулдыркаев Н.И.** Стальные рамные крепи горных выработок.—К.: Техника, 1999.— 216с.

**Петренко Ю.А., Новиков А.О., Захаренко А.В.** О состоянии поддерживаемых горных выработок по ГХК «Донуголь» // Известия горного института, 1998. - № 1. - С.73-74,

**Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О.** Охрана и ремонт горных выработок. - М.: Недра, 1990.— 218 с.

©Петренко Ю.А., Резник А.В., 2007

УДК 622.831.322

#### **С.В.ПОДКОПАЕВ, В.Г.ПОТАПОВ, Е.А.ТЮРИН, А.Н.МИХАЙЛОВ, СТУД. Т.О.ХУДОЛЕЙ (ДОННТУ) К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ОТРАБОТКИ ЗАЩИТНЫХ ПЛАСТОВ**

Во всех странах, разрабатывающих выбросоопасные угольные пласты, известно, что первоочередная отработка защитных пластов является наиболее надежным способом предотвращения внезапных выбросов угля и газа. Локальные мероприятия, применяемые на многих шахтах Донбасса для предупреждения выбросов, трудоемки и не всегда эффективны.

Последними исследованиями [1, 2, 3] проведенными в ДонНТУ было теоретически и экспериментально обосновано ранее неизвестное свойство напряженных горных пород при разгрузке проявлять деформации генетического возврата (ДГВ), которые возрастают с увеличением влажности. Последние учитывают влияние физико-химических превращений, являются природными (комплексными), характеризующимися наследственностью – зависимостью наблюдаемых деформаций от всей предыдущей истории нагружения. Такой

подход позволил по – новому оценить геомеханические процессы, происходящие в породах междупластья при первоочередной отработки защитных пластов и установить условия устранения выбросоопасности. Из опыта разработки выбросоопасных пластов Донбасса давно известно, что часть из них одновременно является склонной к самовозгоранию. В числе таких пластов находится, например, особо выбросоопасный пласт  $h_6'$  Смоляниновский, разрабатываемый шахтой им. А.А.Скочинского ГП “Донецкуголь”. Своеобразие его разработки заключается в том, что эндогенные пожары происходят только в полостях, образованных выбросами при сотрясательном взрывании.

В [4,5] утверждается, что разгрузка напряженного угольного массива, сопровождающаяся ДГВ, выделением материнских растворов, смачивающих соединения угля, приводит к зарождению инкубационного периода самовозгорания. Основано такое утверждение на экспериментально установленной особенности разрушенных пород (угля), в том числе “отдавать” материнскую воду (растворы) из пор размерами более  $10^{-7}$  м при разгрузке. Очевидно то, что разгрузка, стимулирующая деформации генетического возврата (ДГВ), принципиально изменяет свойства кусков, блоков, слагающих углепородный массив. Разрушенный уголь, оставленный в выработанном пространстве лавы, увеличиваясь в объеме (особенно интенсивно при тонком дроблении), выделяет водные растворы и потому смачивает разрушенный уголь. В связи с этим вероятно возникновение реакций, способствующих выделению тепловой энергии, зарождению самовозгорания.

На этот важнейший с позиций самовозгорания вопрос, т.е. увлажнение разрушенного угля растворами, выделяющимися из того же разрушенного угля, ранее не обращали должного внимания. Все нормативные способы прогноза склонности углей к самовозгоранию базируются на отборе проб угля и оценке его химического взаимодействия с кислородом воздуха. При этом совершенно не учитывается наличие и свойства материнской воды. Безусловно, что химический состав материнской воды изменяется совершенно закономерно. Но тогда в какой-то конкретной ситуации состав материнской воды может оказаться для определенного состава угля и химически активным. Уже сейчас, на основе ранее выполненных исследований [6, 7], могут быть ориентировочно названы соединения, на которые следует обратить первостепенное внимание.

В [4] на основании данных ВНИИГД и НПО “Укруглегеология” установлено, что за двадцатипятилетний период на шахтах Донбасса было зарегистрировано 73 эндогенных пожара. Для каждого случая эндогенного пожара была установлена глубина зоны газового выветривания (ЗГВ) конкретного пласта.

Анализ сведений показывает, что за названный период на шахтах Донбасса не произошло ни одного эндогенного пожара (как и внезапного выброса угля и газа) на глубинах, меньших глубины ЗГВ. Очевидно ЗГВ – это область осадочного массива, в которой ДГВ происходили в постинверсионный период времени, примерно соизмеримый по продолжительности с периодом доинверсионным. Поэтому можно полагать в такой зоне процесс ДГВ практически исчерпанным, что обусловило уменьшение химической активности углей. В связи с этим, следует учитывать, что при оценке склонности углей к самовозгоранию в ЗГВ, химическая активность углей настолько мала, что они не способны самовозгораться.

Анализируя данные об ориентировочной вероятности возникновения эндогенных пожаров на шахтах Донбасса, подтверждается связь возникновения инкубационного периода самовозгорания угля с его степенью метаморфизма. По аналогии с тем, как разрабатывался региональный прогноз выбросоопасности угольных шахтопластов, при изучении склонности к самовозгоранию необходимо использовать определение степени метаморфизма углей. Расчет вероятности эндогенной пожароопасности производить аналогично тому, как рассчитывалась вероятность проявления выбросоопасности шахтопластов [8].

Таким образом, применение опережающей отработки защитных пластов способствует разгрузке углепородного массива. При этом породы междупластья разгружаются и стимулируют возникновение и развитие ДГВ. Последние приводят к увеличению водоот-

дачи пород междупластья и угольного массива. При наличии связи возникновения инкубационного периода самовозгорания угля с его степенью метаморфизма, можно полагать, что комплекс природных явлений определяет реальность возникновения и зарождения инкубационного периода самовозгорания. Разгрузка угольного массива при проведении горных выработок, стимулирующая ДГВ, только тогда предотвращает процесс самовозгорания, когда приводит к нейтрализации растворов, выделяющихся из разрушенного угля. Поэтому предотвращать следует самовозгорания только разгруженного (разрушенного) угля, а не угольного массива вне зоны разгружающего влияния горных работ. Такой подход позволит разработать новые способы прогноза склонности шахтопластов к самовозгоранию или применить рассматриваемый региональный, но на принципиально новой научной основе.

#### **Библиографический список**

- Снижение травматизма от проявлений горного давления/ Николин В.И., Подкопаев С.В., Агафонов А.В., Малеев Н.В.-Донецк:Норд-пресс, 2005.-331с.
- О связи деформаций генетического возврата напряженных горных пород с их влажностью/ Николин В.И., Подкопаев С.В., Агафонов А.В., Малеев Н.В., Носач А.К.// Научные открытия. Сборник кратких описаний. Вып.1. М.: 2004.-С.41-43.
- Деформации генетического возврата при разгрузке массивов/ Николин В.И., Подкопаев С.В., Агафонов А.В. и др.// Изв. ВУЗов. Горный журнал.-2004.-№1.-С.158-161.
- Николин В.В., Малеев Н.В., Тюрин Е.А. Природа связи эндогенной пожароопасности и выбросоопасности угольных пластов// Изв.ВУЗов. Горный журнал.-2006.-№5.-С.50-54.
- Николин В.И., Подкопаев С.В., Малеев Н.В. Склонность антрацитов Донбасса к самовозгоранию// Уголь Украины.-2006.-№4.-С.40-41.
- Николин В.И., Балинченко И.И., Симонов А.А. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах.- М: Недра.-1981.-300с.
- Николин В.И., Лысыков Б.А., Ткач В.Я. Прогноз выбросоопасности угольных и природных пластов.-Донецк: Донбасс.-1972.-128с.
- Николин В.И., Васильчук М.П. Прогнозирование и устранение выбросоопасности при разработке угольных месторождений.-Липецк: Роскомпечать.-1997.-496с.

© Подкопаев С.В., Потапов В.Г., Тюрин Е.А., Худoley Т.О., 2007

УДК 622.831

#### **С.В.ПОДКОПАЕВ, В.Г.ПОТАПОВ, Е.А.ТЮРИН, А.Н.МИХАЙЛОВ, СТУД. А.Н.МАЛЕЕВА (ДОННТУ) О СПОЛЗАНИИ ПОРОД ПОЧВЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРУТЫХ ПЛАСТОВ**

Общеизвестно, что при разработке угольных месторождений Центрального района Донбасса применяется этажный способ подготовки шахтных полей с отработкой этажей в нисходящем порядке. Изучение процессов сдвижения и деформаций боковых пород показало, что при таком порядке отработки происходит образование характерных зон сдвижения и с увеличением угла падения пластов появляется тенденция к сдвигу породных слоев по напластованию. Последнее приводит к потере несущей способности крепи в очистном забое и выработанном пространстве и, как следствие этого – к возможному завалу очистного забоя [1].

В силу специфических особенностей разработки крутых пластов, связанных с углами падения, превышающих углы внутреннего трения пород, под действием сил гравитации расслоившиеся породы кровли верхней части лав смещаются вниз, что способствует сокращению площади обрушения непосредственной кровли на величину подбученной части выработанного пространства. Чем меньше мощность пород непосредственной кровли, тем большая часть очистного забоя остается неподбученной, и, следовательно, тем

большая опасность возникновения аварийных ситуаций в очистном забое [2]. При таких условиях серьезную опасность представляют и сползания пород почвы.

Ранее проведенными исследованиями установлено [3], что для формирования условий сползания пород почвы угольных пластов обязательным является наличие слабого слоя внутри пород непосредственной почвы. Сползанию, связанному с отрывом некоторой толщи от остального массива предшествует их расслоение. Мощность сползающего слоя может изменяться от 0,5 до 2,5 м.

Для оценки склонности боковых пород к обрушениям по длине лавы крутого пласта рассмотрим схему, на которой выделим зону отслоившихся пород почвы (рис.1). Представим теперь породы почвы в виде балки, жестко защемленной одним концом. Другой конец свободный, опирается на породы основной почвы. Предположим, что балка подвержена действию сплошной равномерной нагрузки.

Используя основные положения теории сопротивления материалов [4], определим максимальный прогиб (например, в точке К), которой будет равен

$$W_K = \frac{ql^4}{8 EJ_x},$$

где  $q$  – значение равномерно распределенной нагрузки, н/м;  $l$  – длина балки, м;  $E$  – модуль упругости, н/м<sup>2</sup>;  $J_x$  – момент инерции сечения балки относительно оси X, м<sup>4</sup>.

Максимальный прогиб (на рис.1 перемещение К - К') будет способствовать сжатию главной оси балки в ее нижней части. Если при изгибе балки считать, что  $\sigma_{изг}$  расчетные напряжения (н/м<sup>2</sup>), а  $[\sigma_{изг}]$  допустимые напряжения (н/м<sup>2</sup>), то при соблюдении условия  $\sigma_{изг} > [\sigma_{изг}]$ ,

в любой точке сечения балки может произойти разрушение. Использование расчетных значений позволило установить, что с точки зрения потери несущей способности балки, наиболее опасной считается ее нижняя и средняя часть.

В [5] было теоретически и экспериментально обосновано ранее неизвестное свойство напряженных горных пород при разгрузке проявлять деформации генетического возврата (ДГВ), которые возрастают с увеличением влажности. Последние учитывают влияние физико – химических превращений, являются природными (комплексными), характеризующимися наследственностью – зависимостью наблюдаемых деформаций от всей предыдущей истории нагружения. Развитие деформаций некоторых разновидностей пород во времени и приводит к расслоению. В реальных условиях разработки крутых пластов, осадочный (угленосный) массив представляет собой чередующиеся слои как угольных пластов и прослоев, так и самых различных пород. Отличительная особенность такого массива заключается в том, что во всех случаях контакт между слоями представлен глинистыми разностями. В зонах разгрузки ДГВ глинистых пород развиваясь и увеличиваясь в объеме, во времени, отрывают слои более прочных пород. Такие процессы, происходящие в породах междупластья, способствуют прежде всего расслоению, проскальзыванию пород на контактах под – или надработанных слоев. Наличие слабых пород в непосредственной почве делает еще более вероятным их сползание.

Таким образом при разработке крутых угольных пластов наиболее опасной является нижняя и средняя части лавы, в которых расслоения пород почвы могут проявляться по мере выемки угля.

Вывод. Развитие деформаций некоторых разновидностей пород междупластья во времени приводит к расслоению. Именно они определяют решающий круг вопросов, со-

державших предотвращение травматизма от природных, т.е. обусловленных памятью формирования месторождения, факторов.

### **Библиографический список**

Жуков В.Е. Теоретические и экспериментальные предпосылки технологического прорыва при разработке крутых пластов// Уголь Украины.-1998.-№5.-С.3-6.

Жуков В.Е. Об одной стратегической ошибке разрешении проблемы разработки крутых пластов // Уголь Украины.-2001.-№7.-С.6-10.

Селезень А.Л., Томасов А.Г., Андрушко В.Ф. Поддержание подготовительных выработок при разработке крутых пластов.-М.: Недра, 1977.-205с.

Снитко Н.К. Соппротивление материалов. Учебное пособие. Изд-во ЛГУ, 1975.-368с.

О связи деформаций генетического возврата напряженных горных пород с их влажностью/ Николин В.И., Подкопаев С.В., Агафонов А.В. и др.// научные открытия.

Вып.1.М.:2004.-С.41-43.

© Подкопаев С.В., Потапов В.Г., Тюрин Е.А., Малеева А.Н., 2007

### **ЧИСТЮХИН В.В., ЧИСТЮХИНА А.В.(ДОН НТУ) ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНОЙ ОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

*В статье приведены результаты анализа существующих методик оценки аварийной опасности производственных объектов и предложения по их совершенствованию.*

Эффективность ведения аварийно-спасательных работ во многом от подготовленности как специальных формирований, так и непосредственно самого производственного объекта к ликвидации потенциально возможной на нем аварии. Поэтому очень важно своевременно, с учетом особенностей производства, технической оснащенности предприятия, номенклатуры выпускаемой им продукции оценить аварийную опасность объекта.

Существующие методики прогноза представляют собой факторные и вероятностные модели, в основу которых положены интенсивности и вероятности аварийной опасности. В этих методиках определяются природные и техногенные факторы, количественные и качественные интенсивности по каждому из них. При расчете интенсивностей возникновения аварий в зависимости от различного рода факторов как с управляемыми, так и неуправляемыми параметрами не учитывались взаимосвязи этих факторов, а также неоднородность условий их проявления. По этим причинам полученные этими методами данные о входящем потоке требований на обслуживание и прогноз аварийной опасности производственных объектов могут оказаться недостаточно объективными. Одним из недостатков метода теории вероятностей, используемого при разработке авторегрессионной математической модели для оценки и прогноза аварийной опасности производственных объектов является то, что, позволяя установить динамику и законы распределения интересующих вас показателей, нельзя в полной мере выявить аналитические зависимости между показателями и формирующими их факторами. При отсутствии на производственном объекте случаев аварий (объект – новостройка, при перспективном планировании и др.) не представляются возможности с помощью теории вероятности спрогнозировать удельную потенциальную аварийную опасность таких объектов и тем самым решить задачу оптимального планирования аварийно-спасательных служб с учетом перспективы развития обслуживаемого района.

Разработка многофакторной корреляционно-регрессивной математической модели для оценки и прогноза аварийной опасности производственных объектов позволила уста-

новить влияние тех или иных факторов на рассматриваемый результативный признак. Однако недостатком данных математических моделей является трудность количественной оценки некоторых основных качественных факторов (прогрессивность технологии, уровень профилактических мероприятий, безопасности работ и др.). Наиболее распространенный метод прогнозирования, лежащий в основе многих методик – метод определения показателей опасностей на основе разработки моделей возникновения и развития аварий как самостоятельных чрезвычайных ситуаций, так и осложненных при стихийных бедствиях и катастрофах. Данные модели представляют собой структурные связи аварийных событий в объекте, необходимых для возникновения и развития аварий.

Разработанный на основе теории причинности, алгебры логики и исследования нарушений требований безопасности метод позволяет по мере накопления информации в описанной форме адекватно установить причины и возможность аварий с целью выбора главных направлений расчета и совершенствования прогноза и профилактики аварий. Разработанная иерархическая причинно-следственная цепь событий, приводящих к аварии, представляет собой причинный комплекс, представленный в виде градации. Можно констатировать, что в определенных областях производства и в определенных интервалах времени данные разработки позволяют удовлетворительно раскрывать сущность явлений. Классификация причин явлений при научных исследованиях допускает различные характеристики признаков. Причины подразделяют на: идеальные, материальные, главные, неглавные, простые, составные, объективные, субъективные и целый ряд других. В существующей практике анализа аварий пользуются такими признаками причин, как «непосредственная», «косвенная», «техническая», «организационная». Однако отсутствие четкого определения этих понятий затрудняет получение объективной информации и в ряде случаев не позволяет установить причины аварий.

Дальнейшее развитие данный способ прогнозирования и анализа аварий получил в применении системного анализа для исследования причин возникновения, развития и осложнения аварий. Информация о данных причинах формализуют и представляют в виде дерева целиориентированного графа, вершинами которого обозначены причины возникновения (развития, осложнения) аварий, а ребра указывают порядок прохождения вершин. Данная модель также построена на основе теории причинности (ребра образуют причинно-следственную цепь событий, из которых событие, находящееся на верхнем уровне, является непосредственной причиной события нижележащего уровня, соединенного с ним ребром с логической связкой). Для удобства прогноза и анализа в модель вводят статистические вероятности, определяют основную связь между событиями граф – дерева, базовые и альтернативные варианты возможности возникновения, развития, осложнения аварии, показатели снижения вероятности возникновения аварийной обстановки. Данный способ дает количественную оценку значимости различных сочетаний причин и позволяет сделать вывод о возможности возникновения, развития, осложнения аварии, о направлении и методах её ликвидации. Значимость причин, определяется статистической вероятностью их сочетаний на различных уровнях.

Большинство существующих методов прогноза аварийной опасности производственных объектов трудоемки и недостаточно объективны, так как не учитывают в должной мере комплекса мероприятий, направленных на совершенствование технологий производства, противоаварийной защиты объектов, а также состояние и эффективность действия технологических цепочек и систем противоаварийной защиты объектов и их отдельных элементов в данный (конкретный) момент времени (пожарная опасность производственного объекта в какой-то степени нивелируется потенциально эффективным применением при аварии средств противоаварийной защиты). Необходимо отметить, что единый подход к оценке и прогнозу аварийной опасности производственных объектов, применительно ко всем видам аварий, возникающих на предприятиях различных отраслей, в настоящее время отсутствует. Оценка и прогноз аварийной опасности шахт, по-видимому, необходимо производить по математическим моделям, учитывающим, с одной стороны, динамику



возникновения аварий, а с другой – фактическое их количество в заданный период времени, применительно к конкретным или прогнозируемым параметрам факторов, вызывающих эту опасность, и в соответствии с фактическими объемами выполненных технологических и профилактических работ, уровнем противоаварийной защиты.

Наиболее совершенным в настоящее время представляется другой путь. В настоящее время разработаны теоретические основы для создания универсального квалиметрического метода, позволяющего численно оценивать уровень (степень) аварийной опасности и подготовленности к ликвидации катастроф, аварий и других чрезвычайных ситуаций различных объектов. В основе метода лежат принципы квалиметрии, вероятностных и экспертных оценок. Метод включает в себя разработку номенклатуры оцениваемых показателей, затем определения их весомости с помощью экспертных оценок методом «Дельфи» и наконец, определение результирующего коэффициента аварийной опасности объекта или подготовленности его к ликвидации катастроф, аварий и т.д. с учетом двух числовых параметров (относительного показателя и весомости). Кроме того, вводятся нормативные критерии, на базе сравнения которых с интегральными или общими критериями оценивается уровень аварийности соответствующего объекта.

Критериями уровня аварийной опасности являются оцениваемые показатели, характеризующие тот или иной природный либо техногенный фактор и по численной величине которых, при проведении или планировании определенных мероприятий, можно сделать выводы о степени достижения поставленных целей. В таком сложном и многоплановом понятии, как аварийная опасность, далеко не все ее показатели могут быть выражены числом, непосредственно полученным в результате измерения, эксперимента или расчета. Поэтому в ряде случаев принимаются некоторые условные числа, которые на основе логических построений приписываются качественным показателям. Система критериев унифицирована, то есть входящие в нее показатели по своему содержанию и математическому выражению увязаны между собой таким образом, чтобы исключались противоречия по отношению друг к другу и чтобы они могли служить исходными по отношению к более общим критериям. При продолжении целенаправленных исследований, по мере уточнения перечня факторов, и накопления данных по рекомендуемым численным значениям ключевых параметров (высшие оценки частных критериев, коэффициенты значимости и веса, нормированные критерии, поправочные коэффициенты) его функциональные возможности могут расширяться. Основным недостатком всех разработанных ранее методических и нормативных документов по прогнозу аварийной опасности производственных объектов заключается в том, что разработка существующих методик осуществлялась в отдельных отраслях промышленности для решения задач снижения количества аварий и их последствий на объектах данной отрасли силами самих объектов или силами специализированных организаций, причем уровень организации аварийно-спасательной службы и управления аварийно-спасательными работами устанавливались без учета аварийной опасности объекта, что приводило к понижению эффективности их ведения. Требование снижения количества аварий, катастроф и их последствий диктует необходимость создания единой государственной системы организации и управления аварийно-спасательными работами, а также государственной аварийно-спасательной службы. Одним из первых шагов в этом направлении должна стать разработка концепции и структуры экспертной системы прогноза аварийной опасности производственных объектов.

На основе анализа и обобщения опыта применения различных методов прогноза аварийной опасности производственных объектов в наиболее аварийно-опасных отраслях промышленности, всесторонней оценки сфер безопасности (экологической, экономической, социотехнологической и др.) и предметов безопасности (жизнь, здоровье граждан, экономический потенциал, экологический баланс регионов и др.) должны быть разработаны концепция и методические основы экспертной системы прогноза аварийной опасности, которые обеспечивали бы:

установление ожидаемой степени аварийной опасности объектов целом и отдельных его элементов;  
установление категории аварийной опасности объекта для организации на нем соответствующего уровня аварийно-спасательной службы;  
выявление объектов и отдельных их элементов с повышенной аварийной опасностью для проведения первоочередных мер по усилению их противоаварийной защиты;  
регламентацию противоаварийной защиты объектов в зависимости от ожидаемой аварийной опасности;  
установление соответствия противоаварийной защиты объекта его фактической опасности.

Все вышеперечисленные возможности концепции и методических основ экспертной системы прогноза аварийной опасности повысят эффективность противоаварийных мероприятий, понизят аварийную опасность производственных объектов, могут разработать четкие требования по различным аспектам деятельности к концепции единой государственной системы организации и управления аварийно-спасательными работами, лягут в основу при разработке целевых управляющих действий по формированию оперативных решений области ликвидации аварий и алгоритмов управления степенью технологического риска в регионах, что в конечном счете уменьшит экономические и социальные потери от аварий, катастроф на предприятиях Украины.

© Чистюхин В.В., Чистюхина А.В., 2007

## **ЭКОЛОГИЯ**

УДК 504.062

### **КОЛЕСНИКОВА В.В. (ДонНТУ) СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ СКЛОНОВ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ К ОЗЕЛЕНЕНИЮ**

*Предложен новый метод стабилизации склонов породных отвалов, позволяющий экономить на техническом этапе рекультивации, в частности на операциях вылаживания и террасирования откосов с целью достижения их устойчивости. Метод отличается своей экономичностью, экологичностью, долговременностью решения, легкостью возведения.*

Уже более 200 лет на территории Донбасса ведется добыча угля подземным способом. При разработке месторождений наряду с углем на поверхность выдается порода, которая складывается на поверхности в виде отвалов различной формы. В Донбассе насчитывается 1185 породных отвалов на площади более 7 тыс.га, в которых накоплено около 1,7 млрд.м<sup>3</sup> породы [1].

С целью улучшения состояния окружающей среды горнодобывающих регионов была разработана Концепция улучшения их экологического состояния, одобренная Постановлением Кабинета Министров Украины от 31 августа 1999 г. № 1606. Одним из направлений данной Концепции является определение оптимальных путей и способов реабилитации территории интенсивного использования недр.

В соответствии с положениями Концепции и учитывая малую лесистость региона, наиболее выгодным решением проблемы пылящих терриконов является фитооптимизация (озеленение) отвалов.

В последние годы актуальность оптимизации процесса рекультивации терриконов значительно возросла в связи с реструктуризацией угольной отрасли, которая сопровождается закрытием нерентабельных шахт, что в свою очередь требует проведения природоохранных мероприятий, направленных на повышение экологической безопасности, а именно на озеленение отвалов.

Кроме того, в связи с дефицитом свободных территорий в таком густонаселенном регионе как Донбасс, остро встает вопрос о целевом использовании земель, занятых под породные отвалы. Поэтому основной целью рекультивации породных отвалов должно стать осуществление возможности как можно скорейшего включения территории породного отвала в состав естественных ландшафтов.

Подобный опыт широко используется в Германии [2]. Там многие отвалы горной породы, например, Гросе Хольц под Бергкаменом или Паттберк в Моерсе в низовьях Рейна давно являются местами отдыха для многих жителей этого района: здесь можно набраться сил, любоваться чистой природой, здесь могут играть дети. Вместе с архитекторами ландшафта были разработаны так называемые ландшафтные сооружения, к которым вначале относились весьма скептически, но сейчас они находят всё больше и больше сторонников непосредственно среди населения. "Ландшафтные" горы должны сначала родиться на бумаге, прежде чем они будут сооружены оформителями ландшафта. Здесь варьируются места отсыпки, крутизна откосов, гребни, перепады, извилистость дорог. Производится моделирование. Здесь планируются сухие и влажные биотопы, которые при этом желательны и необходимы не менее прочих. То есть, само собой разумеется, что при этом принимается во внимание не только оформление ландшафта, но также и защита окружающей среды.

Известно, что рекультивация - это дорогой и очень трудоемкий процесс. По данным Минфина Госбюджетом-2007 предусмотрено увеличение финансирования угольной отрасли до более 5 млрд. грн., что на 729 млн. грн. больше, нежели в прошлом году, однако лишь 18 % этой суммы пойдет на реструктуризацию угольной промышленности. А в данное понятие наряду с работами и услугами по охране окружающей среды входят такие статьи расходов как подготовка шахт к ликвидации, физическая ликвидация горных предприятий и др.

Недостаточное финансирование не дает возможности быстро и качественно проводить работы по рекультивации все возрастающего числа породных отвалов.

Целевая функция эффективности работ по рекультивации имеет вид [3]:

$$\sum Z_T + \sum Z_\phi + \sum Z_C = \sum \sum Z_P \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum \mathcal{E} - \sum \sum Z_P \rightarrow \max \quad (2)$$

где  $\sum Z_T$  - сумма затрат на технический этап рекультивации, грн.;

$\sum Z_\phi$  - сумма затрат на биологическую рекультивацию, грн.;

$\sum Z_C$  - сумма затрат на строительство промышленных, гражданских и других сооружений на отвале, грн.;

$\sum \sum Z_P$  - суммарные затраты на рекультивацию, грн.;

$\sum \mathcal{E}$  - полный народно-хозяйственный эффект от рекультивации отвала, грн.

Суммы затрат в выражении 1 и 2 определяются известными методами путём калькуляции или на основе укрупненных показателей.

Соблюдение принципа минимума суммарных затрат допускает увеличение одних элементов (статей) затрат за счёт других. Исходя из данного принципа, видно, что при сокращении хотя бы одной из статей расходов, уменьшаются суммарные затраты на рекультивацию, которые в идеале должны стремиться к минимуму.

Авторы позволяют экономить на техническом этапе рекультивации, в частности на операциях выполаживания и террасирования откосов с целью достижения их устойчивости.

Известно, что препятствием для прорастания и развития растений является нестабильность верхнего почвенного слоя на склонах отвалов. Вследствие эпизодического сдвижения отвальной массы при изменении температуры, влажности и под действием ветра происходит разрушение корневой системы ростков и взрослых растений. Для обеспечения условий роста растений необходимо зафиксировать поверхностный слой, что обеспечит защиту корневой системы.

В данное время для обеспечения принятого направления рекультивации в соответствии с требованиями биологического этапа производится нарезка террас и микротеррас, выполаживание откосов до заданной величины, проходка траншей и ям для посадки деревьев и кустарников, закладка дренажа и нанесение растительного слоя.

При переформировании конического отвала в плоский образуются склоны крутизной 35—40°, равные углу естественного откоса отвальной массы. Изменение температуры, влажности, выветривание породы обуславливают их неустойчивость. На склонах активно протекают эрозионные процессы, часто происходят осыпи, оползни. Для повышения устойчивости поверхности отвалов производится выполаживание склонов, которое является одной из наиболее сложных и дорогостоящих операций при рекультивации земель.

Выполаживание склонов производят с помощью бульдозеров. На плоскую вершину переформированного отвала переносятся границы базовой площадки, расчи-

танной с учетом обеспечения необходимой крутизны откосов и расположения на них террас. Максимально допустимая крутизна установлена путем обследования большого количества отвалов. Для отвалов угольных шахт она должна быть не более  $30^\circ$ , а для отвалов обогатительных фабрик, где порода и хвосты обогащения складываются совместно, —  $27^\circ$ . Начиная от границ площадки, бульдозер послойно перемещает породу в радиальном направлении от центра к периферии отвала и сваливает ее под откос. Границы каждого нового слоя смещаются от центра к краю на расстояние, равное двойной толщине слоя перемещаемой породы. При этом формируется уклон  $27^\circ$ , крутизна которого периодически контролируется. Таким образом, обеспечивается устойчивость склонов, но при переформировании конических породных отвалов в плоские, выполаживании склонов с большей части поверхности полностью снимается слой частично выветренной породы. Вскрытие пластов совершенно не выветренной породы создает особо благоприятные условия для их интенсивного окисления. Для предотвращения этого процесса необходимо создание искусственного слоя, изолирующего породу отвала от кислорода воздуха, что в свою очередь приводит к дополнительным расходам.

Из-за ограниченности территории в большинстве случаев выполаживание осуществляется до крутизны склонов около  $30^\circ$  с высотой террас 10 м. При этом площадь отвала увеличивается приблизительно на 40%.

Террасы и микротеррасы нарезаются на откосах отвала с целью предотвращения развития эрозионных процессов и используются для укрепления откосов путём посадки древесно-кустарниковых растений, сбора и отведения атмосферных осадков. Однако процесс формирования террас очень трудоемкий и достаточно дорогостоящий.

Как альтернативу данному методу стабилизации грунта на поверхности отвала, а также для предотвращения развития эрозионных процессов мы предлагаем использовать эластичные системы стабилизации откосов.

В качестве подобных систем можно использовать эластичную систему стабилизации откосов ТЕССО (Германия) [4], либо георешетки фирмы Tensar (Англия) [5]. На украинском рынке более широко представлена продукция фирмы Tensar.

Система ТЕССО представляет собою стальную сетку, выполненную из проволоки диаметром 3 мм, покрытую алюминий-цинковым слоем толщиной не менее  $150 \text{ г/м}^2$ , и обладающей сопротивлением на растяжение минимум 1770 МПа. Просветы сетки имеют ромбовидную форму размером 83x143 мм. Трехмерная ячеистая структура металлической сетки обеспечивает ее широкое применение для стабилизации поверхности склонов, и вместе с тем она является надежной основой для сухого посева и гидропосева.

Естественная растительность обеспечивает защиту от эрозии, однако порой необходимо предпринимать дополнительные меры по предотвращению эрозии на крутых откосах.

В этих случаях необходимо применение визуально незаметного дополнительного защитного материала, обеспечивающего защиту из устойчивого растительного покрова.

Георешетки Tensar Mat специально предназначены для контроля эрозионных процессов и представляют собой гибкий трехмерный, стойкий к микробиологическим процессам разложения рулонный материал, который укладывается непосредственно на грунт. Tensar Mat первоначально стабилизирует поверхность до тех пор, пока не образуется стойкий растительный покров, а затем продолжает в течение долгого времени обеспечивать надежную фиксацию корневой системы растений.

Tensar Mat производится из полиэтилена, что делает его химически инертным и, как следствие, неподверженным коррозии. Маты состоят из высокоэластичной двухслойной плоской основы, соединенной с верхней двухслойной волнистой поверхностью, обеспечивающей хорошее сцепление с почвой. Маты предоставляют долговечную укрепленную основу для корневых систем.

Преимущества данного метода стабилизации склона заключаются в следующем: экономичность; экологичность; долговременное решение; легкость возведения.

Подводя итог, можно сделать следующие выводы:

Для успешного проведения биологического этапа рекультивации необходимо подготовить поверхность породного отвала таким образом, чтобы предотвратить смещение верхних почвенных слоев на откосах отвальной массы. Сейчас для достижения этой цели производят выполаживание и террасирование породных отвалов. Однако данные процессы трудоемки и дорогостоящи.

Как альтернативу данным операциям предлагается использовать эластичные системы стабилизации откосов ТЕССО (Германия) либо георешетки фирмы Tensar (Англия). Преимущества данного метода стабилизации склона заключаются в экономичности; экологичности; долговременности решения; легкости возведения.

Кроме того, при помощи систем Tensar можно проектировать углы откоса гораздо большие, нежели существуют на породных отвалах сейчас, что приведет к экономии территорий и увеличению количества закладываемого материала.

### Библиографический список

1. **Киричок Л.С.** Шляхи оптимізації лісової рекультивації териконів // Уголь України, 2005. - № 9.
2. **Пал М.Х.** Энергия и защита окружающей среды (Из серии: «Практика защиты окружающей среды»). – Падерборн: Изд-во FIT-Verlag. 1996. – 449 с.
3. Технологические схемы рекультивации террикоников и плоских породных отвалов шахт и обогатительных фабрик (Пояснительная записка и схемы), Пермь – 1981. – 163 с.
4. **M. Mrozik, M. Züger, D. Flum.** Stabilizacja ścian wykopu o głębokości 12 m, wyconanego w gruntach sypkich w miejscowości Wehlen, Niemcy, przy pomocy elastycznego systemu stabilizacji składającego się z siatki o wysokiej nośności w połączeniu z gwoździowaniem.// XII Międzynarodowe Sympozjum GEOTECHNIKA-GEOTECHNICS 2006. – Gliwice-Ustroń, 2006.
5. <http://selton.com.ua>

© Колесникова В.В., 2007

УДК 371.71:351/354:351.82

### **КУСКОВ А.Є. (ДОНДУУ) ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ДОНЕЦЬКОГО РЕГІОНУ**

*Стаття посвячена проблемам влияния загрязнителей атмосферы на здоровья отдельных категорий населения региона. Предложены пути управления состоянием здоровья населения.*

*Постановка проблеми.* Для кожної людини, та й для суспільства в цілому, немає більшої цінності, ніж здоров'я. Однак у наш час у сфері охорони здоров'я населення України спостерігаються несприятливі тенденції. Підвищилися показники смертності, особливо серед чоловіків працездатного віку, не збільшується середня тривалість життя. У ряді регіонів порушилася нормальна демографічна (статевовікова) структура, підсилилася нерациональна міграція населення, значно знизилася народжуваність. Приміром, у Донецькій області в 1990 р. рівень народжуваності знизився на 23,3% у порівнянні з 1986 р., а показник смертності за цей же період збільшився на 13%. Ряд авторів висловлюють гіпотезу про збільшення розриву в рівні здоров'я між поколіннями, зокрема, про погіршення здоров'я молодого покоління. Так, за даними В. В. Канен [1] збільшується частота й розширюється коло професійних обмежень у підростаючого покоління, що виключає можли-

вість участі надалі в деяких видах трудової діяльності; спостерігаються збільшення числа вроджених аномалій і погіршення показників соматичного й нервово-психічного розвитку дітей; у містах число дітей зі значним перевищенням маси тіла (стосовно росту) становить 4–30%. Надлишкова маса тіла знижує опірність організму, його здатність до адаптації і є однією із причин підвищеного артеріального тиску у дітей. Украй несприятливий вплив на здоров'я спричиняють гіподинамія, шкідливі звички (вживання алкоголю й наркотиків, парфумерних виробів, паління, переїдання, зайве вживання лікарських засобів й ін.).

Охорона й зміцнення здоров'я дітей є одним з основних завдань економічного й соціального розвитку нашої країни, тому що стан здоров'я дорослої людини багато в чому залежить від стану її здоров'я в дитинстві. Тому увагу вчених насамперед необхідно звернути на виявлення основних закономірностей здоров'я дітей, а також на визначення соціально-гігієнічних факторів, що характеризують окремі сторони способу життя й показники, що спричиняють вплив на здоров'я. Все це необхідно для проведення широкого комплексу соціально-гігієнічних заходів і планування структури лікувально-профілактичних установ.

Взаємовідносини між навколишнім середовищем і людиною дуже складні, а дія різних факторів середовища, які можуть привести до тих або інших порушень у стані здоров'я населення, різноманітні. Екологічна обстановка, яка постійно погіршується, масований багаторічний вплив на населення сукупності несприятливих факторів навколишнього середовища призвели до того, що адаптаційні можливості людського організму виявилися практично вичерпані. Тому виникають самі несприятливі прогнози стану здоров'я населення. У цьому зв'язку тривогу викликає здоров'я дітей Донбасу. Охорона здоров'я, не маючи можливості впливати на всі ці фактори, повинна вишукувати принципово нові форми організації медичного обслуговування, підвищення його якості й ефективності, спрямованих на поліпшення здоров'я дитячого населення. Проблема перебудови охорони здоров'я сьогодні, на підступах до ринку з його жорсткими вимогами до якості, набуває особливу значимість.

Актуальність проблеми пояснюється тим, що репродуктивне здоров'я населення в значній мірі віддзеркалює екологічні проблеми регіону.

*Мета роботи* – аналіз стану здоров'я найвразливіших з боку забруднювачів довкілля груп населення – дітей та вагітних і розробка пропозицій щодо механізмів управління станом здоров'я цих категорій населення регіону.

*Викладення основного матеріалу.* В умовах сучасного міста людина піддається впливу комплексу факторів середовища, що несприятливо впливають на його здоров'я. Ведучим з них є забруднення атмосферного повітря, яке диференціює територію міста по стану середовища перебування. Проблема оздоровлення навколишнього середовища, у тому числі й атмосферного повітря, є однією з актуальних сьогодення. Перед гігієною поставлене завдання: у найближчі роки організувати в країні спеціальну інформаційну систему охорони здоров'я «Здоров'я населення - навколишнє середовище», що дозволить забезпечити відповідні державні органи й установи даними для наукового планування заходів щодо боротьби із забрудненням навколишнього середовища.

Успішне рішення поставленого завдання багато в чому залежить від з'ясування питань, пов'язаних з наслідками шкідливого впливу факторів навколишнього середовища на здоров'я, і розробки сучасних методів оцінки впливу цих факторів на здоров'я населення. У публікаціях за останні 20 років відзначений несприятливий вплив на здоров'я населення атмосферних забруднень промислового походження, і інтерес до даного питання продовжує рости, що підкреслює важливість й актуальність проблеми. Дослідження з вивчення дії атмосферних забруднень на здоров'я населення можна умовно розділити на 2 групи: вивчення якісних особливостей зміни стану здоров'я населення при різних рівнях атмосферного забруднення й вивчення кількісних взаємозалежностей за допомогою регресійних моделей.

Серед робіт першої групи можна виділити дослідження І.Д. Дубінської й І.Р. Голубєва [2], що вивчали стан здоров'я дітей у зв'язку із забрудненням атмосферного повітря.

Автори відзначають, що в забрудненому районі, у порівнянні з контрольним, загальна захворюваність у дітей на 1-ому році життя була вище на 52%, на 2-ому на 44%, на 3, 4 й 5-ому на 28%, на 6-ому на 53%, при цьому хвороби органів дихання реєструвалися частіше в 1,5–1,8 рази. Вивчаючи звернення дорослого й дитячого населення за медичною допомогою в екологічно несприятливому районі, Л.Ф. Молчанова [3] відзначає, що за рахунок погодних змін можна пояснити майже 50% сезонного підйому захворюваності як у дорослих, так й у дітей (відповідно 49,1 й 49,2%). Проживання в районі забрудненого атмосферного повітря підвищує ризик частих захворювань дорослих в 2,3 рази, а дітей - в 2,6 рази.

За даними Е.А. Панзиотті, у зону несприятливого впливу, що виходить від промислових підприємств, попадають, не тільки прилеглі міські райони, але й все більше число сільських поселень, наслідком чого, на його думку, є зміна рівня здоров'я сільських жителів. Автор виявив залежність між інтенсивністю впливу факторів навколишнього середовища й частотою виникнення захворювань органів дихання.

Серед різних аспектів розроблювальної проблеми в нашій країні, а також за рубежом одержали поширення дослідження з вивчення шкідливого впливу на здоров'я хімічних речовин, що перебувають в атмосферних викидах промислових підприємств. Аналіз літератури показав, що дослідження гігієністів спрямовані в основному на вивчення стану здоров'я населення у зв'язку із забрудненням атмосферного повітря підприємствами 10 галузей промисловості. Питома вага публікацій по окремих галузях промисловості склала: нафтова й нафтопереробна, газова – 23,8%, чорна металургія – 16,7%, вугільна промисловість – 14%, кольорова металургія – 10,5%, хімічна й нафтохімічна – 10,5%, об'єкти теплоенергетики – 3,5%, промисловість будматеріалів — 1,4%, сільське господарство — 1,4%, харчова — 0,7% [45]. За даними М. С. Кулманова й співавторів [46] між наявністю в атмосферному повітрі пилу, сірчистого ангідриду, оксиду вуглецю, оксидів азоту, що перевищують ГДК, і захворюваністю дитячого населення хворобами органів дихання визначався взаємозв'язок.

Етіологічна й патогенетична роль забруднення атмосферного повітря в наш час оцінюється по-різному. Більшість авторів [3, 4, 5] бачать наслідки забруднень у виникненні захворювань органів дихання, які першими серед інших систем й органів піддаються впливу токсичних речовин, що перебувають в атмосферному повітрі.

М.С. Кулманов [6], Г.О. Ігамбердієва і Н.Н. Абрамова [7] вважають, що вдихання забрудненого атмосферного повітря приводить в основному до розвитку хронічних неспецифічних хвороб легенів. Ф.Ф. Даутова [8] та Н.В. Авдеєнко [9] екологічну роль забруднень атмосферного повітря промисловими викидами зв'язують із виникненням алергійних захворювань.

В останні роки в лабораторних і натуральних умовах встановлена роль впливу малих доз хімічних речовин як факторів, яким притаманна мутагенна, гонадо- і ембріотоксична дія [10]. Хімізація життєвого середовища, у тому числі й атмосферного повітря, веде до ризику популяції людини, насамперед тим, що збільшується кількість хімічних речовин і з'єднань, що володіють мутагенною дією. Сьогодні відомо близько 2 тисяч таких з'єднань. За даними окремих авторів до 4–5% дітей народжується з різними спадкоємними захворюваннями або морфологічними недоліками й число їх продовжує рости. Забруднення довкілля хімічними речовинами викликає генетичні зміни, збільшує поширеність спадкоємних захворювань, спричиняє ембріотропну дію. О.П. Щепін [11], характеризуючи сучасні тенденції стану здоров'я підростаючого покоління, відзначає, що близько 40 млн. чоловік проживають у містах, де рівень забруднення атмосферного повітря в 10 разів і більше перевищує встановлені гігієнічні нормативи, що викликає глибокі зміни в морфологічному, функціональному стані, інтенсивності виникнення й плину специфічних процесів.

Н.Н. Єжова [12], вивчаючи вплив забруднень атмосферного повітря, установила, що основною причиною смерті дітей на 1-м році життя є вплив на організм вагітної жінки забрудненого навколишнього середовища.



Багато вітчизняних і закордонних авторів вивчають канцерогенний вплив забруднень атмосферного повітря на організм. Це викликано, з одного боку, ростом частоти виникнення злоякісних новоутворень у світі, а з іншого, - наявністю в забрудненому повітрі специфічних речовин, що викликають ракові захворювання в експерименті. Сьогодні відомо вже близько тисячі хімічних речовин, що викликають рак, і це дає привід деяким авторам вважати, що виникнення раку у людини в 50–95% випадків обумовлено впливом екзогенних факторів, у тому числі й хімічних канцерогенів. Комітет експертів ВООЗ думає, що з дією екзогенних канцерогенних агентів пов'язане виникнення приблизно 75% всіх онкологічних захворювань [10].

Статистика поширеності ракових захворювань свідчить про те, що рак – хвороба переважно промислово розвинених країн і що основною причиною цього служить забруднення навколишнього середовища хімічними канцерогенними речовинами. Сьогодні безпосередньо в середовищі, що оточує людину в місті, завжди перебуває близько 17 канцерогенів [10].

Таким чином, результати робіт, у яких вивчалися якісні особливості порушень здоров'я, показують, що промислові забруднення атмосферного повітря відіграють важливу роль у розвитку як інфекційних захворювань дихальних шляхів, так й алергійних захворювань, новоутворень, захворювань серцево-судинної й нервової систем, хвороб генетичної природи, або порушень ембріогенезу й т.д. Під впливом забруднень атмосферного повітря помітно збільшуються показники смертності й погіршуються показники фізичного розвитку населення, а також стан хворих.

*На жаль, у невеличкій статті зробити більш повний, детальний огляд літературних джерел з зазначеної проблеми неможливо. Але й наведені відомості дуже добре відбивають стан проблеми.*

*Чому необхідно звертати увагу на стан здоров'я дітей? Це пояснюється тим, що установлення кількісного взаємозв'язку між ступенем забруднення атмосферного повітря й захворюваністю дітей дає можливість прогнозувати зміни стану здоров'я людей залежно від рівня забруднення повітря.*

Велике значення, як для відтворення населення, так і для збереження життя й здоров'я нового покоління має стан репродуктивного здоров'я населення, особливо жінок. Очевидним проявом негативних тенденцій репродуктивного здоров'я жінок можуть служити показники великої й постійно зростаючої кількості ускладнень вагітності, пологів і післяпологового періоду, материнської й дитячої смертності, кількості абортів (табл. 1).

Таблиця 1. Кількість ускладнень вагітності, пологів і післяпологового періоду

	2002	2003	2004	2005
Кількість ускладнень вагітності, пологів і післяпологового періоду, осіб усього	51061	53046	50953	54253
на 1000 жінок фертильного (15-49 років) віку	41	42	41	44
Материнська смертність, осіб				
усього	7	7	3	4
на 100 тис. живороджень	22,4	20,9	8,4	11,1
Аборти, одиниць усього	35517	33470	30818	30268
на 1000 жінок фертильного (15-49 років) віку	28	27	25	25
на 100 пологів	3	99	88	85
Мертвороджень, осіб	159	162	215	185

Руйнуванню репродуктивного здоров'я сприяє погіршення екологічної ситуації. Екологічний фактор насамперед впливає на поширення ракових патологій у населення.

За даними обласного протипухолиного центру в 2005 р. діагноз злякисного новоутворення молочної залози було вперше в житті поставлено 1,5 тис. жінок, з них 22,8 % були у віці 15-49 років. Усього від злякисних новоутворень померло 1,8 тис. жінок, з них кожна сьома була у віці 15-49 років.

У забезпеченні «здорового старту» у житті дитини велику роль відіграє спосіб життя й соціальні аспекти. Паління, наркоманія, вживання алкоголю - явища, які важко асоціювати з образом жінки-матері. Однак статистика свідчить, що в 2005 р. у порівнянні з попереднім роком виросли показники захворюваності серед жінок ВІЛ-інфекцією, СНІДом, алкоголізмом й алкогольними психозами. Такі тенденції загрожують можливості існування здорового майбутнього покоління.

Смертність є одним з об'єктивних показників суспільного здоров'я населення. Високі показники смертності в умовах низького рівня народжуваності, що не забезпечує навіть простого відтворення, і старіння населення сприяють загостренню демографічної кризи. Донецька область входить до числа регіонів з найбільш високими показниками смертності населення. За 2005 рік рівень смертності збільшився з 17,5 до 18,0 чоловік на 1000 жителів при середньому в Україні - 16,6,

Збільшення смертності в області спостерігається вже четверте десятиліття. Виключення становить 1986 р. коли рівень смертності знизився з 11,7 до 10,8 промілле в порівнянні з попереднім роком в 11,7 промілле, а також 1996-1998 р. так званий «період перепочинку». Це пояснюється погіршенням умов життя й екологічної обстановки, зниженням якості охорони здоров'я й соціально-психологічними стресами.

З 1999 р. абсолютні й відносні показники смертності знову починають відхилятися убік збільшення. Зокрема, за 2005 р. кількість померлих збільшилася на 1,4 тис. чоловік у порівнянні з попереднім роком і склала 83,7 тис. чоловік.

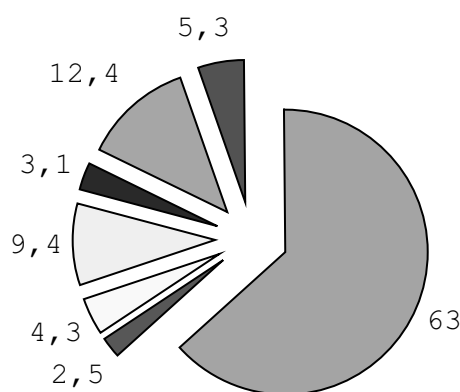
Збільшення кількості померлих спостерігалось в 29 містах і районах області в межах від 0,1 % в Артемівському районі до 16,2 % у Тельманівському районі. Найвищий рівень смертності зареєстрований у Краснолиманському районі (23 чоловіка на 1000 жителів), а найнижчий - у м. Угледар (11,4). Смертність серед сільських жителів трохи вище (20,9 чоловік на 1000 жителів), чим серед міських (17,7).

Вирішальний вплив на смертність в 2005 р., як у попередні роки, спричинили захворювання системи кровообігу, новоутворення, нещасні випадки, отруєння й травми (рис. 1).

Смертність внаслідок серцево-судинних захворювань характеризується залежністю від вікового компонента. На серцево-судинну патологію припадає три чверті смертей людей старше працездатного віку. Разом з тим, захворювання системи кровообігу є розповсюдженою причиною передчасних смертей й у працездатному віці, що забезпечує 28,4 % смертельних випадків у чоловіків у працездатному віці й 22,8 % смертей - у жінок.

Усього від захворювань систем кровообігу в 2005 р. померло 52,1 тис. чоловік, що на 4,2 % більше, ніж в 2004 р. На захворювання системи кровообігу припадає 61,7 % смертей міських й 66,7 % - сільських жителів. Близько 55 % цього класу складають смерті від ішемічної хвороби серця та десь 40 % від судинних уражень головного мозку.

Друге місце після смертності від захворювань системи кровообігу займає смертність від новоутворень 12,4 % загальної кількості померлих від всіх причин в 2005 р. Постійний вплив на здоров'я людини несприятливих техногенних факторів (особливо для такої індустріальної області як Донецька) сприяють нагромадженню патологічних змін, перш за все органів травлення та дихання.



- захворювання системи кровообігу
- захворювання органів дихання
- захворювання органів травлення
- нещасні випадки, отруєння, травми
- інфекційні та паразитарні захворювання
- новоутворення
- інші

**Рис. 1.** Розподіл померлих по основних групах смерті в 2005 р.

Абсолютні й відносні показники смертності від патологій органів дихання мають тенденцію до зниження. В 2005 р. кількість померлих від захворювань органів дихання зменшилася на 7,3 %, і склала 2,2 тис. померлих.

В 2005 р. спостерігалось збільшення кількості померлих від захворювань органів травлення (на 6,4 %), інфекційних і паразитичних захворювань (на 17,9 %) у порівнянні з попереднім роком. Це зв'язано зі значним забрудненням земельних ресурсів і водойм, станом санітарно-епідеміологічного контролю якості продуктів харчування й питної води. Від захворювань органів травлення вмерло 4 тис. чоловік (чоловіків умерло в 1,9 рази більше, ніж жінок), від інфекційних і паразитичних захворювань - 2,6 тис. чоловік (чоловіків умерло в 4 рази більше, ніж жінок).

Кількість хворих з діагнозом активного туберкульозу, що встановлений уперше в житті, у період з 1995 по 2005 р. збільшилося з 1496 до 4816 чоловік. Сьогодні на 10000 населення області доводиться 103,9 хворих активним туберкульозом (для порівняння по Україні на 10000 населення доводиться 84,4 хворих активним туберкульозом).

Високі рівні первинної захворюваності спостерігаються у містах Донецьку, Єнакієвому, Краматорську, Маріуполі, Харцизьку, Шахтарську, Старобешівському районі. Основу структури первинної захворюваності населення Донецької області складають хвороби органів дихання (понад 40%), травми та отруєння. Далі розташовуються захворювання системи кровообігу (понад 8%), хвороби сечостатевої системи (понад 6%), шкіри та підшкірної сітківки (понад 5%), кістково-м'язової системи та з'єднувальної тканини (понад 5%). На вказані класи захворювань припадає понад 75% всіх первинних захворювань. Структура первинної захворюваності населення області практично співпадає із середньою по Україні, однак у Донецькій області відмічається більш висока питома вага травм та отруень, хвороб органів дихання, кістково-м'язової системи та з'єднувальної тканини.

Порівняно з 1994 роком збільшилася доля практично всіх основних класів хвороб, за винятком інфекційних та паразитарних захворювань, хвороб органів дихання, шкіри та підшкірної сітківки, травм та отруень. Відмічаються найбільш високі темпи росту рівня

розповсюдженості захворювань ендокринної системи, крові та кровотвірних органів, системи кровообігу, травлення та статеві системи.

В Україні за останні 15 років число підлітків із хронічними морфофункціональними відхиленнями в стані здоров'я зросло до 80% [13]. Серйозною проблемою стає й репродуктивне здоров'я дівчаток, яке різко погіршується. Як дівчатка, так і юнаки мають у край низькі репродуктивні установки, реалізація яких у недалекому майбутньому не дозволить вийти далі на рівень простого відтворення населення. Одними із основних причин росту захворювань репродуктивної системи у дітей і підлітків є: погіршення соціально-економічних умов життя, погіршення екологічної ситуації, вплив психоемоційних переважень, погіршення медикаментозного забезпечення [13].

У Донецькій області близько мільйона населення становить молодь, здоров'я якої вимагає до себе пильної уваги. Рівень гінекологічної захворюваності у дівчинок і дівчинок-підлітків залишається високим і становить від 10 до 38% у різних вікових категоріях.

Навіть спад виробництва й закриття окремих промислових підприємств наприкінці ХХ сторіччя не покращали картину стану здоров'я дитячого населення [14]. Проаналізувавши захворюваність дітей і підлітків за цей період по групах захворювань: новоутворення, захворювання ендокринної системи й порушення обміну речовин, захворювання сечостатевої системи, уроджені аномалії (включаючи хромосомні деформації), можна відзначити зростання поширеності захворювань по всіх групах як серед дитячого (табл. 2), так і підліткового населення (табл. 3).

Таблиця 2.

Рівень поширеності захворюваності серед дитячого населення Донецької області по класах захворювань із 1996 по 1999 р. (на 10000 дитячого населення)

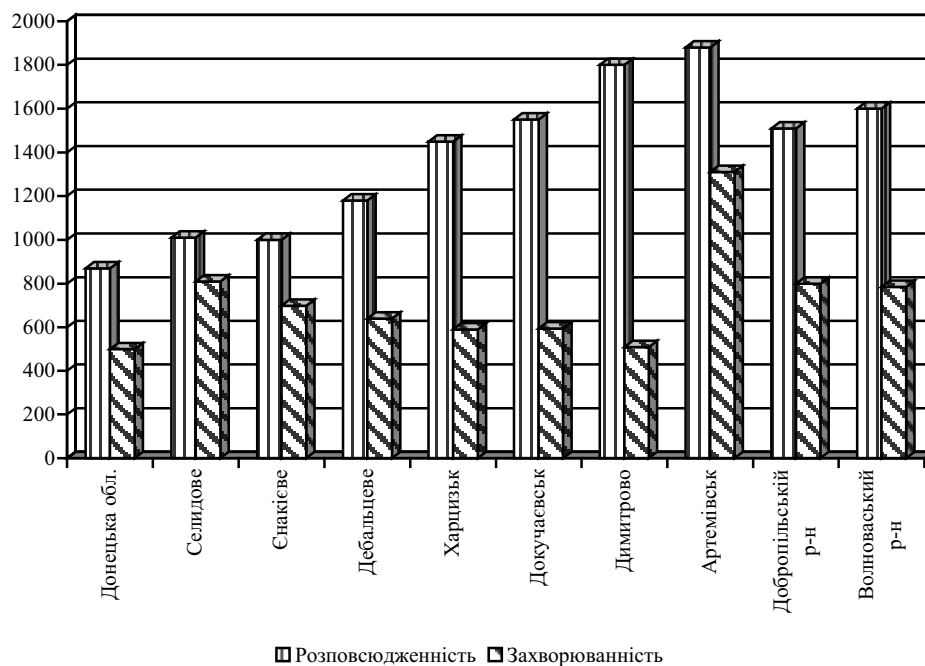
Групи захворювань	1996 р.	1997 р.	1998 р.	1999 р.	
Новоутворення	31,8	37,8	41,1	44,7	↑ на 40%
Захворювання ендокринної системи й порушення обміну речовин	214,1	236,4	266,8	357,8	↑ на 67%
Захворювання сечостатевої системи	166,7	191,4	206,7	227,5	↑ на 37,5%
Уроджені аномалії, деформації хромосом	130,4	145,7	161,6	172,7	↑ на 29%

Таблиця 3.

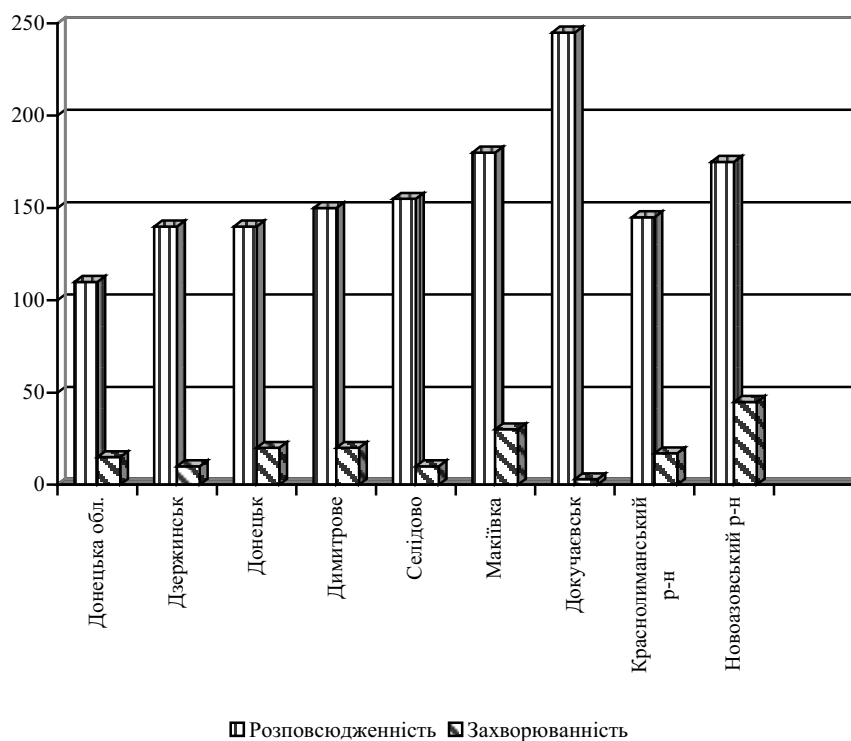
Рівень поширеності захворюваності серед підліткового населення Донецької області по класах захворювань із 1996 по 1999 р. (на 10000 підліткового населення)

Групи захворювань	1996 р.	1997 р.	1998 р.	1999 р.	
Новоутворення	26,2	27,2	36,7	49,1	↑ на 87,4%
Захворювання ендокринної системи й порушення обміну речовин	249,9	284,4	344,0	581,9	↑ в 2,3 рази
Захворювання сечостатевої системи	666,1	714,4	781,8	892,5	↑ на 33,9%
Уроджені аномалії, деформації хромосом	немає даних	немає даних	немає даних	107,6	

Ситуація ще більш тривожна в багатьох великих промислових містах Донецької області, де показники поширеності й захворюваності по хворобах сечостатевої системи й уроджених аномалій серед підлітків перевищують середні показники як по Донецькій області [14], так й у цілому по Україні (рис. 2, рис. 3).



**Рис. 2.** Рівень розповсюдженості захворюваності сичестатевої системи серед підлітків Донецької області



**Рис. 3.** Рівень розповсюдженості та захворюваності природженими аномаліями та деформаціями хромосом серед підлітків Донецької області

Вся зазначена вище гінекологічна патологія має безпосередній зв'язок з репродуктивною функцією майбутніх матерів, а виходить, і станом їхнього майбутнього потомства.

*Першорядним завданням сьогодення є порятунок здоров'я дітей і підлітків, що вимагає прийняття невідкладних комплексних заходів з консолідацією зусиль адміністративних органів охорони здоров'я, громадськості, впровадження цільової програми по збереженню й зміцненню здоров'я дітей і підлітків у рамках національної програми «Репродуктивне здоров'я», створення центра репродуктивного здоров'я дітей і підлітків.*

*Таким чином, в умовах наростаючого соціального й екологічного неблагополуччя, з огляду на негативний приріст населення, особлива увага медиків повинна бути приділена збереженню репродуктивного здоров'я дітей і підлітків.*

**Висновки.** Виходячи з отриманих в ході виконання роботи результатів вважаємо за доцільне розробку та реалізацію комплексної програми виходу з екологічної та демографічної кризи, у якій сьогодні знаходиться регіон. Шляхи вирішення існуючих проблем ми бачимо такими:

1. Посилення робіт по зменшенню забруднення довкілля шкідливими та небезпечними викидами в повітря та водойми.
2. Запланувати й провести наукові дослідження щодо вивченими питання кількісного зв'язку між станом здоров'я населення й рівнем забруднення атмосферного повітря промисловими викидами.
3. Виходячи з того, що здоров'я дітей і фактори, його визначальні, постійно міняються, розробити динамічні (моніторні) системи управління здоров'ям дитячого населення, що дозволяють не тільки вести спостереження за зміною факторів ризику в динаміці, але й переглядати наявні ресурси охорони здоров'я.
4. Ураховуючи те, що мешкання на промислово-забруднених територіях приводить до більш важкої течії і збільшення термінів лікування всіх видів патології у населення, при видачі лікарняних листків ввести кореляційні коефіцієнти щодо строків лікування окремих хвороб.
5. Для населення, що мешкає на промислово-забруднених територіях, розробити систему тарифних коефіцієнтів доплат та пільг з урахуванням фактору небезпеки і строку перебування людини на небезпечній території.
6. Для одержання достовірної й оперативної інформації, що могла би бути основою для планування й здійснення заходів щодо охорони здоров'я населення у зв'язку із промисловим забрудненням атмосферного повітря, провести вивчення всіх сторін негативного впливу цього виду забруднень на організм і розробити методичні прийоми оцінки шкідливого впливу атмосферних забруднень на здоров'я населення.
7. Вважати першорядною національною задачею охорону здоров'я населення, особливо здоров'я дітей і жінок, а також забезпечення екологічної безпеки. Виходячи з цього вимагає ефективних комплексних заходів від державних органів, громадськості і всього населення України щодо покращення здоров'я нації.
8. Розробити та впровадити комплексну програму збереження та покращання здоров'я населення регіону, до якої включити наступні заходи.
  - Соціально-економічні: створення служби сімейної медицини; в засобах масової пропаганди постійно проводити пропаганду ролі сім'ї в збереженні репродуктивного здоров'я.
  - Медична допомога: створення Центру діагностичної та консультативної Internet-допомоги з питань акушерства, гінекології та перинатології; обладнання всіх пологодопомогаючих закладів сучасною діагностичною та лікувально-профілактичною технікою, наркотною та іншою апаратурою; створення в великих містах та районних центрах області медико-генетичних консультацій; розробка та впровадження єдиних стандартів надання амбулаторної та стаціонарної акушерсько-гінекологічної допомоги; розробити та впровадити в межах області комплекс заходів з профілактики передачі ВІЛ-інфекції від матері

плоду; створити в регіонах області банки аутокрові та її компонентів для вагітних і гінекологічних хворих.

▪ Інформування та освіта: розробити та видати комплект інформаційно-просвітницьких матеріалів з питань збереження репродуктивного здоров'я, здорового способу життя, профілактики інфекцій, що передаються статевим шляхом, для підлітків та молоді, сільського населення, груп ризику та молодих матерів.

▪ Наукові дослідження: поглиблене вивчення впливу екологічних факторів на репродуктивне здоров'я населення Донбасу; створення єдиного комп'ютерного банку відомостей про репродуктивне здоров'я населення регіону; розробка та впровадження нових сучасних методів лікування, спрямованого на збереження та відтворення репродуктивного здоров'я населення; розробка нової сучасної класифікації хвороб, орієнтованої на задачі екологічної експертизи з метою прогнозування наслідків екологічних перетворень у стані здоров'я.

### Библиографический список

1. Канен В.В. Тенденции динамики здоровья населения // Сов. здравоохранение. – 1981. – № 2. – С. 7.
2. Дубинская И.Д., Голубев И.Р. Методические подходы к изучению влияния атмосферных загрязнений на здоровье детей дошкольного возраста // Гигиена и санитария. – 1990. – № 5. – С.
3. Молчанова Л.Ф. Образ жизни семьи и здоровье // Сов. здравоохранение. – 1990. – № 10. – С. 25-30.54-59.
4. Ермаченко А. А. Репродуктивное здоровье женщин, работающих на коксохимическом производстве // Зб. наук. праць “Людина та навколишнє середовище – проблеми безперервної екологічної освіти в вузах”. – Одеса, 2000. – С. 106.
5. Мухамедшина Р. И. Гигиеническая оценка комбинированного действия аммиака, сероводорода и формальдегида в атмосферном воздухе // Гигиена и санитария. –1987. - № 11. – С. 63-66.
6. Кулманов М. Е., Баймухамбетова Р.Д., Пруцкова Л.И. Качество атмосферного воздуха и здоровье населения // Здравоохранение Казахстана. – 1989. - № 1. – С. 18.
7. Игамбердыева Г. О., Абрамова Н. Н. Состояние здоровья учащихся общеобразовательных школ Ташкента // Гигиена и санитария. – 1990. - № 6. – С. 29-30.
8. Даутова Ф. Ф. Прогноз уровня заболеваемости у детей 3–7 лет в зависимости от изменения степени загрязнения атмосферного воздуха // Гигиена и санитария. – 1990. - № 3. – С. 12-15.
9. Авдеенко Н. В. Влияние загрязнения воздушной среды на распространенность и течение аллергических болезней у детей // Педиатрия. –1990. - № 5. – с. 10-14.
10. Влияние окружающей среды на здоровье человека. – Женева: ВОЗ, 1974. – 410 с.
11. Щепин О. П. Современные тенденции состояния здоровья подрастающего поколения страны // Вопросы охраны, материнства и детства. – 1990. - № 2. – С. 3-7.
12. Ежова Н. Н. К вопросу о влиянии экологической обстановки на здоровье населения Удмуртской АССР // Научн.-практ. конф. «Человек и окружающая среда»: Тез. докл. – Ижевск, 1989. – С. 11-12.
13. Чайка В. К., Матыцина Л. А. Диагностика и коррекция нарушений репродуктивной системы у детей и подростков. – Донецк: ООО „Лебедь”, 2000. – С. 9-30, 48-53.
14. Показники здоров'я населення та діяльності медичних установ Донецької області за 1999 рік (статистичні матеріали). – Донецьк, 2000. – 308 с.

© Кусков А.Є, 2007

**МАТЛАК Е.С., ЛУНЕВА О.В. (ДонНТУ), ГОРДА В.И. (ДонНИПИЦМ)  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС УТИЛИЗАЦИИ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА БАЗЕ  
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОПИРОЛИЗА**

*Проведен анализ классических вариантов пиролиза, показаны недостатки и рассмотрены условия их устранения. Показан механизм ликвидации диоксинов. Предложена технологическая схема переработки ТБО методом высокотемпературного пиролиза с получением электроэнергии и товарного шлака. Благодаря высокой степени утилизации энергетического потенциала ТБО при минимальной потребности в газоочистке синтез-газа переработка мусора по предложенной схеме рентабельна.*

В настоящее время известен ряд способов прямого (огневого) обезвреживания твердых бытовых отходов (ТБО) [1, 2]. Они разработаны с учетом экологических, технико-экономических, стоимостных и социальных критериев. Без сомнения, первым из них по значимости является критерий обеспечения экологической чистоты всего процесса термической переработки ТБО.

Анализ перечисленных публикаций позволяет сделать однозначный вывод, а именно: главной проблемой рассматриваемого способа является загрязнение окружающей природной среды (ОПС) выбросами диоксиноподобных соединений, а также полиароматических углеводородов (ПАУ) и оксидов тяжелых металлов (ТМ), но именно возможность решения проблемы диоксиноподобных соединений определяет уровень конкурентоспособности той или иной технологии обезвреживания ТБО на мировом рынке.

В качестве альтернативы прямому (огневому) сжиганию во многих странах разрабатываются технологии так называемого пиролиза ТБО — термической деструкции их органической части без доступа кислорода и расплавления неорганических компонентов [3].

Применение технологии пиролиза имеет определенные преимущества по сравнению с огневым мусоросжиганием:

- существенное снижение загрязнения воздушной и водных сред;
- практически полная утилизация потенциальных энергетических и материальных ресурсов ТБО;
- произведенный пиролизный газ, кроме теплового потенциала, имеет высокую химическую ценность.

Сегодня в мире существует большое разнообразие вариантов технологического оформления процесса пиролиза: низко-, средне- и высокотемпературного. Однако их существенным недостатком также является нерешенность проблемы диоксиноподобных соединений, токсичных углеводородов и оксидов тяжелых металлов. Существуют две причины, определяющих эту проблему.

Первая из них заключается в конструктивных недостатках реакторов, которые копируют доменный процесс (идеальный с точки зрения теплообмена). Отходы загружаются в реактор сверху и, разлагаясь под действием температуры, постепенно опускаются к зоне теплогенерации (фурменная зона), которая формируется сжиганием остатков неразложившейся органики. Горение поддерживается вдуванием воздуха (кислорода), образуются горячие продукты (их температура 1500–1600°C) двух видов: газообразные (летучие) и жидкие (шлак). Газообразные продукты, поднимаясь вверх навстречу движущейся массе отходов, отдают им свое тепло, что обеспечивается протеканием реакций пиролиза, и отводятся в верхней зоне реактора при температуре 150–200°C, загрязняясь попутно диоксинами в зоне, где температура отходов имеет диапазон 250 – 750°C.

Еще большее значение имеет вторая причина, определяющая экологическую опасность традиционных пиролизных установок и которая оказалась камнем преткновения



различных модификаций реакторов, а именно: повторный синтез диоксинов в холодной зоне толщии отходов (менее 250°C) и на выходе из реактора.

Кроме того, под действием оксида углерода (СО) восстанавливаются из оксидов некоторые ТМ, в частности легкоплавкие (типа ртути Hg, кадмия Cd). Вместо того чтобы попасть в шлак, они «парят», становятся летучими, попадая в пиролизный газ.

Образующийся пиролизный газ — это смесь газовых фаз всех продуктов полученных последовательно на разных уровнях по высоте реактора. Он содержит вредные тяжелые углеводороды (например, C<sub>20</sub>H<sub>12</sub> — бенз'пирен), полуразрушенные галогенорганические соединения (диоксины), пары восстановленных тяжелых легкоплавких металлов (Hg, Cd). Таким образом, проблема диоксинов и других токсичных загрязнителей внутри пиролизного реактора не решена. Ее решение перенесено из реактора во внешние аппараты газоочистки. Однако последнее лишь частично снижает содержание диоксинов (например, с помощью угольных фильтров).

Но даже достижение так называемых нормативных значений диоксинов в пиролизном газе не решает окончательно проблему, ибо для диоксинов (из-за их особых свойств: устойчивости и способности к накоплению, наподобие радиоактивных веществ) критерии ПДК совершенно неприемлемы, т.е. не существует столь малой дозы диоксинов, которая была бы безопасной.

Полностью обезвреженным при таком процессе может считаться только минеральный остаток — шлак, полученный при расплавлении минеральных составляющих ТБО, который содержит свыше 50% диоксида кремния (SiO<sub>2</sub>) и после охлаждения представляет собой инертную, остеклованную массу.

В связи с изложенными недостатками классических вариантов пиролиза актуальным является разработка экологически безопасного способа и технологии высокотемпературного разложения ТБО, базовые принципы которых обеспечивали бы гарантированное обезвреживание диоксинов, ПАУ, оксидов тяжелых металлов еще внутри реактора и предотвращение синтеза диоксиноподобных соединений в зоне пониженных температур (менее 750°C) и на выходе из реактора.

Установление этих принципов вытекает из сущности перечисленных выше недостатков работы применяемых в мировой практике пиролизных установок. Покажем сущность предлагаемого нами усовершенствованного регламента способа термохимической деструкции отходов.

Предварительная стадия подготовки ТБО к их переработке не отличается от традиционной, применяемой на МСЗ. Загрузка осуществляется в режиме, обеспечивающем постоянную заполненность реактора (шахты).

Под действием силы тяжести отходы последовательно проходят зоны: сушки, пиролиза, первичного горения и плавления.

Термическое разложение органической части сырья происходит без доступа кислорода за счет тепла поступающего из зоны первичного горения и плавления, расположенной в нижней части реактора.

В процессе термодеструкции (рис. 1) в верхней части реактора вначале происходит разложение целлюлозы. Ниже, где диапазон температур составляет 250-750°C, из образовавшихся продуктов распада имеет место синтез диоксинов. Еще ниже, т.е. в зоне, где интервал температур заключен в пределах 750-1200°C, диоксиноподобные соединения распадаются в основном, но следы их остаются. Поэтому для гарантированного разложения диоксинов важнейшим является использование повышенных температур (выше 1200°C).

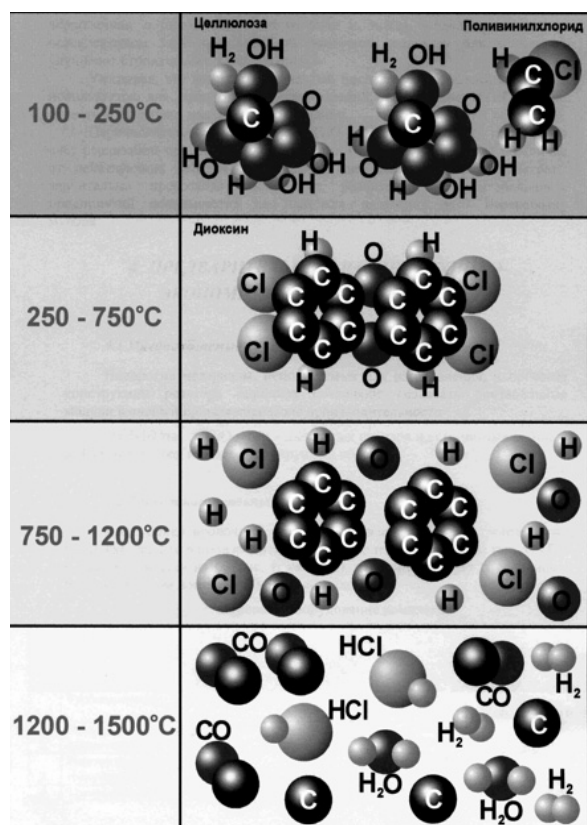


Рис. 1 Механизм ликвидации диоксинов

ты реактора, реализация которого обеспечивает гарантированное разложение диоксиновой решетки и устойчивое плавление минеральных компонентов ТБО, является надежное соблюдение стабильного режима высоких температур.

Анализ вариантов способов нагрева показывает, что требуемая стабильность может быть гарантирована с помощью электронагрева, поскольку выделяющаяся Джоулева теплота не зависит ни от морфологического, ни от элементного состава ТБО. Наличие стабилизирующего электроподогрева определяет очень существенное достоинство предлагаемого метода, которое заключается в возможности гибкого управления процессом высвобождения теплового потенциала отходов непосредственно в реакторе пиролиза путем дозирования вдуваемого воздуха. Благодаря этому энергетический ресурс отходов реализуется с максимально высоким КПД, процесс энергетически сам себя обеспечивает (возникает автотермический режим), а избыток химической энергии утилизируется сжиганием газа за пределами реактора. Расход электроэнергии, определяется лишь ее потреблением на стабилизацию заданного теплового режима. Следует также отметить, что благодаря электронагреву, исключая открытое пламя, предотвращается загрязнение внутренней атмосферы реактора (а следовательно пиролизного газа) балластными газовыми примесями ( $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ ).

Третьим важнейшим принципом экологической безопасности работы реактора является ликвидация материальной базы для повторного синтеза диоксиновой решетки (на основе галоген-кислород). Он реализуется, во-первых, при наличии упомянутой высокой температуры ( $1427-2727^\circ C$ ) и во-вторых, благодаря искусственно создаваемой восстановительной атмосферы. Последняя образуется избытком раскаленного углерода в нижней части реактора (перед выпуском пиролизного газа во внешнюю среду). Оба условия неразрывно связаны.

Восстановительная атмосфера реактора исключает возможность нового синтеза диоксинов, поскольку освобожденный из диоксиновой решетки кислород при указанных выше температурах в силу термодинамических закономерностей (минималистского прин-

Выполненные аналитические исследования позволяют заключить, что в реакторе должна поддерживаться температура в интервале  $1427-2727^\circ C$ . Тому есть несколько причин:

- при температуре выше  $1424^\circ C$  исключается образование одного из наиболее стойких канцерогенных органических токсинов, а именно бенз'пирена ( $C_{20}H_{12}$ );
- при температуре ниже  $2727^\circ C$  предотвращается распад молекул азота, а следовательно, образование цианидов;
- в рекомендуемом интервале температур (особенно в интервале  $1600-1700^\circ C$ ) обеспечивается устойчивое плавление тугоплавких минеральных компонентов отходов;
- в предлагаемом диапазоне температур еще не нарушается тепловая стойкость материала оболочки реактора.

Вторым необходимым условием рабо-

ципа энергии) соединяется, прежде всего, с углеродом, образуя CO, нежели с хлором, а хлор, в свою очередь, взаимодействует с водородом, образуя хлористый водород (HCl). Кроме того, кислород при высоких температурах (более 1200°C) в присутствии углерода связывается серой, образуя диоксид серы (SO<sub>2</sub>).

Поскольку CO, HCl, SO<sub>2</sub> и другие вещества представляют собой устойчивые соединения, то материальная база для повторного синтеза диоксиновой решетки при охлаждении газового потока вне реактора ликвидируется. Следует добавить, что надежное связывание хлора водородом в указанном интервале температур обеспечивается при 10%-м превышении концентрации водяных паров над стехиометрическим расходом. При наличии высокой температуры молекулы воды диссоциируют и образующиеся в избытке ионы водорода вступают во взаимодействие с ионами хлора, чем гарантируется полный вывод диоксинообразующегося элемента (галогена) из реактора в виде хлористого водорода и исключается его участие в других соединениях.

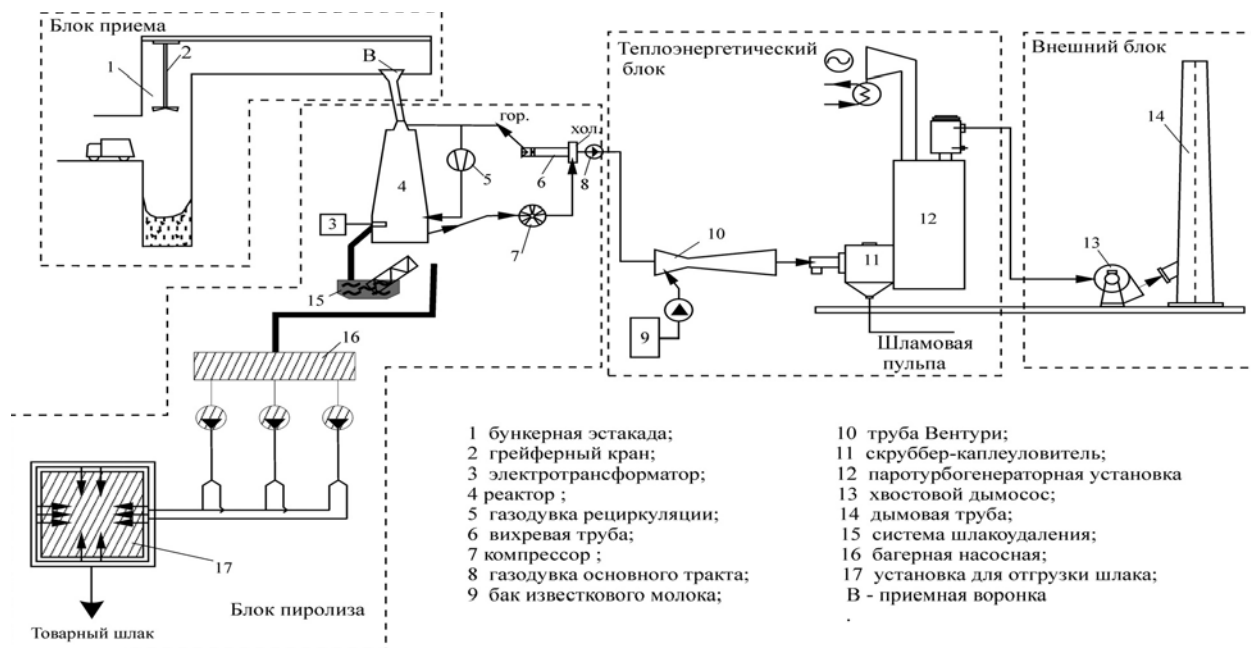
Одновременно восстановительная атмосфера созданная избытком углерода, поддержание высокой температуры являются идеальными условиями для восстановления тяжелых металлов из сложных токсичных соединений до чистых элементов, которые не представляют экологической опасности. Восстановленные металлы вкрапляются в шлак и выводятся из реактора. После охлаждения шлака в остеклованном виде они не только не являются вредными примесями, но улучшают строительные качества шлака.

Таким образом, выпуск пиролизного газа через слой раскаленного углерода можно рассматривать как своеобразную операцию химического фильтрования. Безусловно, она является значительно более эффективной, нежели фильтрование газа через слой активированного угля в сорбционных газоочистных аппаратах.

Еще одним (четвертым) условием предотвращения загрязнения пиролизного газа диоксином является изменение направления его транспортировки к выходу из реактора. Выход следует располагать в нижней горячей части аппарата, благодаря чему исключается диффузия пиролизного газа по вертикали в верхнюю часть реактора, а следовательно контакт пиролизного газа с разлагающимися отходами в той их зоне, где температура среды составляет 250-750°C, обуславливающая образование диоксинов.

Для нейтрализации возможности образования диоксинов в результате случайного «проскока» галогенов и кислорода на выходе из реактора предлагается заключительная («страховочная») технологическая операция, а именно обработка пиролизного газа так называемым «закаливанием» [5]. Эта операция выполняется за пределами реактора и предотвращает повторный синтез диоксиноподобных соединений. Сущность операции заключается в резком охлаждении пиролизного газа до температур ниже 250°C, при которой, как следует из выше изложенного, исчезают термодинамические условия взаимодействия галогенов с кислородом, т.е. образование диоксиноподобных соединений. В этом случае как бы «замораживается» состояние термодинамического равновесия системы, которое сложилось при высокой температуре в реакторе (750-1600°C). Реализация данной идеи осуществляется с помощью вихревого эффекта (эффекта Ранка), который проявляется в закрученном потоке вязкой сжимаемой жидкости (газа) вследствие микроадиабатных процессов энергообмена между слоями газа и реализуется в достаточно простом устройстве, называемой вихревой трубой (трубой Ранка - Хилша) [6]. Перед подачей газа в трубу он подвергается предварительному сжатию.

Технологическая схема, реализующая предложенный метод высокотемпературного электропиролиза для переработки ТБО, приведена на рис. 2. Она включает блок приема, блок пиролиза, теплоэнергетический блок с устройством газоочистки от летучей золы, внешний блок.



**Рис. 2** Принципиальная технологическая схема переработки ТБО методом высокотемпературного пиролиза с получением электроэнергии и товарного шлака

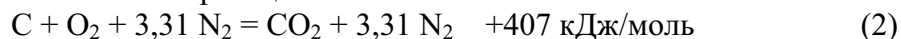
Последовательность ввода в действие реактора заключается в следующем. Вначале в нижней зоне реактора (на поде) размещают слой твердого кусковатого электропроводного теплоносителя (графит, кокс, их смесь), затем заполняют сверху объем реактора отходами и включают электрический ток. Процесс работы реактора начинается с нагрева слоя теплоносителя. Далее нагревается столб ТБО, формируется постепенно температурное поле и, наконец, устанавливается рабочий технологический режим процесса, который включает четыре стадии: сушки, пиролиза, первичного горения и плавления.

Термическая деструкция органической части отходов начинается в верхней зоне при температуре около  $200^{\circ}\text{C}$  с выделением летучих и масел в виде тяжелых углеводородов. Проходя сверху вниз последовательно участки с монотонно повышающейся температурой органические компоненты, как находящиеся в твердом виде, так и образовавшиеся в результате деструкции жидкая и газообразная фазы, подвергаются дальнейшему разложению на более простые составляющие. Процесс полного разложения органики на молекулярные составляющие в основном заканчивается при температуре около  $1200^{\circ}\text{C}$  с получением  $\text{H}_2, \text{O}_2, \text{N}_2, \text{Cl}_2, \text{S}$  и твердого углеродистого остатка  $\text{C}$ .

Полученные молекулы на данном тепловом уровне, в соответствии с законами термодинамики начинают образовывать новые соединения. В частности, наиболее активный восстановитель – водород соединяется с высвобожденным кислородом отходов по реакции:



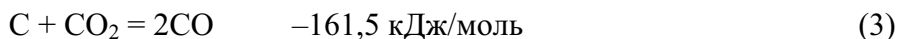
Далее в высокотемпературную ( $>1200^{\circ}\text{C}$ ) зону реактора пиролиза вдувают воздух для сжигания углеродистого остатка по реакции:



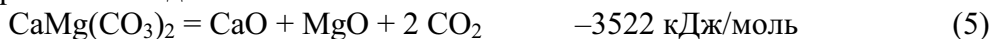
Благодаря этому в зоне сжигания углерода температура повышается до  $1700^{\circ}\text{C}$ , и с этого момента она становится источником тепла, обеспечивающим процесс пиролиза. Электронагрев нижней зоны реактора теперь служит только для стабилизации рабочего режима, и главным образом, для бесперебойного расплавления минеральных составляющих ТБО и удаления их в виде шлака.

Продукты сжигания энергетических компонентов ТБО ( $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ ) отводятся из реактора на уровне между электродами и фурменным поясом через зону, заполненную коксом и доломитом. В этой зоне предотвращается образование диоксинов, так как потен-

циальные компоненты соединяются в другие, менее опасные вещества. Преимуществом коксо-доломитового наполнителя является то обстоятельство, что в фильтре, одновременно осуществляются несколько химических процессов, обеспечивающих утилизацию высокотемпературного тепла газов реактора пиролиза. Во-первых, происходит газификация кокса:



Во-вторых, разложение доломита:



Расчетная энтальпия первичных газов, нагретых до температуры 1700°C, несколько превышает суммарный эндотермический эффект реакций (3...5), чем обеспечивается их протекание в нужном направлении. Вырабатываемый в котле пар используется непосредственно на нужды населения или, пройдя еще одну стадию трансформации, преобразовывается в электроэнергию. Свежеобразованные CaO и MgO являются активными адсорбентами содержащихся в газах серы, фтора и хлора. В результате адсорбции указанные вредные примеси извлекаются из газа, связываются с оксидами и переводятся в шлак. Сера кокса также связывается известью и удаляется со шлаком.

Практическая эффективность разработанной технологии наглядно видна на примере переработки 1 т ТБО среднестатистического состава, который по данным АКХ им. К.Д. Памфилова следующий, %: C-28,64; H<sub>2</sub>-3,18; N<sub>2</sub>-0,51; S-0,18; Cl-0,32; шлак-27,43; H<sub>2</sub>O-20,43.

В результате переработки по данной технологии 1 т ТБО приведенного состава получают 250-300 кг экологически стерильного шлака, пригодного для использования в стройиндустрии, и 4100...4300 нм<sup>3</sup> генераторного газа с теплотворной способностью 6,5 мДж/нм<sup>3</sup>, содержащего, %: CO-39, H<sub>2</sub>-14, N<sub>2</sub>-47. Сжигание такого газа дает 5,54 Гкал пара или 2200 кВт·ч электроэнергии.

Несмотря на использование в технологическом процессе дорогостоящих кокса и электроэнергии переработка мусора по предложенной схеме рентабельна благодаря высокой степени утилизации энергетического потенциала ТБО при минимальной потребности в газоочистке.

### Библиографический список

1. Систер В.Г., Мирный А.Н. и др. Твердые бытовые отходы (сбор, транспорт и обезвреживание). Справочник. — Академия коммун. хоз. им. К.Д. Памфилова. — М., 2001. — 319 с.
2. Беньямовский Д.Н. Термические методы обезвреживания твердых бытовых отходов. — М.: Стройиздат, 1979. — 192 с.
3. Алексеев Г.М. и др. Индустриальные методы санитарной очистки городов. — Л.: Стройиздат, 1983. — 96 с.
4. Горда В.И. Термомодуль ВТЕП для утилизации ТБО в черте города// Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: Материалы международной научно-практической конференции. г.Донецк, г.Авдеевка, 01-04 июня 2004 г., - Донецк, ДонНТУ, 207 – 211 с.
5. О.В. Лунева, Е.С. Матлак, В.И. Горда, В.К. Костенко, С.Ю.Приходько Патент № 13629, Украина, Способ утилизации отходов, заявлен 26.09.2005 г., опубликован 17.04.2006 г., бюл. №4.
6. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике, М.: Машиностроение, 1969, 183 с.

© Е.С. Матлак, О.В. Лунева, В.И. Горда 2007

**ОТКИДАЧ В.В., АНДРИЙКО Т.В.**  
**ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ XXI ВЕКА**

Назрела необходимость разработки новых подходов к решению проблем экологической безопасности. Нужна модель, отвечающая сегодняшним условиям и требованиям. Возникла настоящая, жизненно важная потребность расширения проблемы безопасности до глобального ноосферного уровня и объединения разрозненных научных направлений в единую науку, ориентированную на обеспечение безопасности жизнедеятельности человека и человечества как единого целого [1].

В сложившихся условиях вопросы прогнозирования и анализа промышленных и экологических рисков приобретают приоритетное значение. В настоящее время известно более 150 методов проведения анализа рисков. Методология анализа уровня опасности может быть в общем виде представлена как совокупность основных процедур [2]:

- Идентификации опасностей;
- Оценка масштабов потенциально опасной промышленной деятельности;
- Расчет вероятности реализации опасностей;
- Оценка иерархии различных видов опасности;
- Оценка приемлемости полученных показателей и анализ уровня риска;
- Разработка и внедрение технических, организационных и прочих решений и рекомендаций по снижению уровня риска;
- Анализ уровня риска с учетом предложенных рекомендаций.

При разработке необходимых мер безопасности следует четко представлять, что такое потенциальная опасность для риска, когда она может возникнуть, с чем она связана. Ответы на поставленные вопросы следует искать, исходя из энтропозенергетической концепции риска.

В настоящее время делаются лишь первые шаги в этом направлении, но обострение проблемы выживания человечества на рубеже второго тысячелетия требует более решительной активизации усилий.

Деятельность личности, общества и государства по минимизации рисков следует рассматривать как открытую динамическую систему в совокупности ее важнейших внутренних взаимосвязей с целью оптимизации этой системы. Методология анализа и оценки рисков с учетом соотношения эмпирического и теоретического, концептуального и практического, должна включать решение двух взаимосвязанных задач:

- описание того, как происходит адаптация в практике тех понятий, которые формулировались независимо от нее в других науках, как они наполнялись конкретным содержанием;
- анализ неявных условий и предпосылок, из которых вытекает новая теоретическая реальность.

Особое внимание, несомненно, следует уделить работам в области прогнозирования рисков на техногенных объектах. Научно – технический прогресс, направленный на все большую концентрацию энергии, потенциально угрожает чрезвычайным ситуациям глобального масштаба. Постоянный обмен энергией, лежащий в основе всех процессов, заставляет задуматься как о рассеянии, так и об ее источнике.

Все процессы в природе протекают в направлении увеличения энтропии, которая является мерой хаотичности или необратимости. Чем больше порядок, тем меньше энтропия. Все процессы, «пущенные на самотек», всегда протекают так, что их беспорядок увеличивается.

Всякой системе, независимо от ее природы, присущи физические законы, определяющие внутренние причинно следственные связи. Это касается и системы «человек – производство – среда» [3].

Анализ закономерностей появления аварийности и травматизма в системе «человек – производство – среда» позволяет интерпретировать опасность неотъемлемыми свойствами повседневной деятельности человека, как процессы, связанные с использованием энергии, вещества и информации.

Увеличение концентрации энергии потенциально опасно возникновение чрезвычайных ситуаций, в том числе глобального масштаба.

Рост энтропии связан только с произвольно протекающим процессом. Если он идет принудительно, за счет внешних факторов, то такой процесс может происходить и с уменьшением энтропии. Поскольку опасность может реализовываться при любом процессе, то тем самым она связана как с ростом энтропии, так и с ее уменьшением [3].

Опасности существуют в пространстве и во времени и реализуются в виде потоков энергии, вещества и информации. Опасности не действуют выборочно, а, возникнув, влияют на окружающую среду.

Высокая чувствительность к начальным условиям, приводящая к хаотическому и непредсказуемому поведению во времени, - это не исключение, а типичное свойство многих систем.

В силу ряда причин происходит потеря устойчивости системы и переход к хаосу. К их числу относятся:

- Внешние помехи, возмущающие факторы.
- Наличие большого числа степеней свободы, которыми обладает система в процессе своего функционирования. Она может в этом случае реализовывать совершенно случайные последовательности.
- Достаточно сложная организация системы.

Понятие энтропии введено в научный оборот как мера естественной склонности тепловой энергии к рассеиванию. Со временем энтропия приобрела двойной физический смысл: как мера обесценивания энергии и как показатель неумолимого роста хаоса [3]. В середине XX века энтропия появилась и стала основным понятием в теории информации.

Энтропия характеризует недостающую информацию. В настоящее время информация рассматривается как фундаментальное свойство материи [4].

Основа промышленной безопасности – прогнозирование рисков системы «человек – производство – среда». При этом необходимо учитывать, что риск связан с бесконтрольным высвобождением энергии, нарушением информационных процессов в системе. При разработке концепции следует исходить из того, что в основе риска лежит аксиома о потенциальной опасности деятельности и для него характерны неожиданность, внезапность наступления опасной ситуации. При этом необходимо учитывать, что риск связан с бесконтрольным высвобождением энергии, нарушением информационных процессов в системе [3].

#### **Библиографический список**

1. Ярочкин В.И. Секьюритология – наука о безопасности жизнедеятельности. М.: «Ось – 89», 2000.- 400 с.
2. Мосалев К., Мосалева П. Международная научно – техническая конференция «Минеральные ресурсы и человек», Том 1. Научные доклады, 17 – 19.09.2002 Варна, с. 265 – 270.
3. Откидач В.В., Мартовицкий В.Д., Андрийко Т.В. Энтропоэнергетическая концепция природы риска системы «человек – производство – среда», ж. ТЕХНОПОЛИС, Днепропетровск, январь 2002, с. 26 – 27.

© Откидач В.В., Андрийко Т.В., 2007

**Р.М. ТАРАНЕЦ (ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ НАН УКРАИНЫ, Г. ДОНЕЦК), В.А. ПРИВАЛОВ, С.Ю. ПРИХОДЬКО (ДОННТУ).  
ВЛИЯНИЕ МАССОВЫХ СИЛ НА ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА**

Для описания качественного поведения вертикального смещения локальной области земной поверхности применяется модель колебания упругой тонкой пластины под действием внешних массовых сил. Учитывая относительную локальность области, в которой рассматривается модель, можно пренебречь вращением Земли. Тогда, согласно [1], для вертикальной компоненты вектора смещения получаем уравнение в частных производных (гиперболического типа) следующего вида:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial t^2} = \frac{\mu}{\rho} \Delta h + \frac{\partial f}{\partial h}, \quad (1)$$

где  $h = h(t, x, y)$  – вертикальное смещение, зависящее от времени  $t$  и декартовых плановых координат  $x, y$ ;  $f = f(h) = V_e + V_i$  – сумма соответствующих внешних ( $V_e$ ) и внутренних сил ( $V_i$ ), действующих на земную поверхность;  $\mu$  – параметр Ламе;  $\rho$  – плотность;  $\Delta = \partial^2 / \partial x^2 + \partial^2 / \partial y^2$  – оператор Лапласа.

В качестве внешних сил  $V_e$  можно рассматривать воздействие на земную поверхность комплекса экзогенных процессов и эрозионных волн [2], влияние долговременных тенденций изменения атмосферного давления, результаты гравитационного взаимодействия Земли с другими космическими телами (например, Солнцем, Луной) и т.п. В качестве внутренних сил  $V_i$  учитывается влияние вертикальных тектонических движений, возникающих как вследствие движения тектонических плит, так и в результате процессов физико-химической дифференциации вещества в недрах Земли.

В работе [3] приведена эмпирическая связь между вертикальным смещением –  $h$ , потенциалом силы тяжести –  $g$  и внешним потенциалом –  $V_e$ :

$$h = \frac{V_e}{g}. \quad (2)$$

Принимая во внимание тот факт, что потенциал силы тяжести в большей мере зависит от изменений внешнего потенциала, нежели от других факторов, (т.е.  $g$  является функцией от  $V_e$ ), примем следующую связь между ними:

$$g \sim (V_e)^\alpha, \quad \alpha > 0. \quad (3)$$

Данное предположение свидетельствует о том, что с увеличением воздействия внешнего потенциала сила тяжести также растет, а скорость роста зависит от выбора параметра  $\alpha > 0$ , который, вообще говоря, может зависеть от многих факторов. Таким образом, из соотношения (2) и предположения (3) находим зависимость  $h$  от  $V_e$

$$h \sim (V_e)^{1-\alpha} \Rightarrow V_e \sim h^{1/(1-\alpha)},$$

из которой нетрудно увидеть, что параметр  $\alpha$  должен быть меньше 1, т.е.  $0 < \alpha < 1$ . В случае  $\alpha \geq 1$  с увеличением  $V_e$  вертикальное смещение не возрастало бы, что противоречит эмпирическим данным по измерению вариации силы тяжести [4].



Предположим, что действие соответствующего внутреннего потенциала  $V_i$  соответствует действию потенциала силы тяжести:

$$V_i \sim g \sim (V_e)^\alpha \sim h^{\alpha/(1-\alpha)},$$

т.е. рост силы тяжести вызывает возрастание внутреннего потенциала. Таким образом, в силу наших предположений на поведение массовых сил уравнение (1) приводится к нелинейному уравнению колебаний пластины вида

$$\frac{\partial^2 h}{\partial t^2} = \frac{\mu}{\rho} \Delta h + c_1 h^{\beta-1} - c_2 h^\beta, \quad 0 < c_i < \infty, \quad 0 < \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}, \quad 0 < \alpha < 1. \quad (4)$$

Данное модельное уравнение учитывает зависимость вертикального смещения, а следовательно напряжений на земной поверхности, от взаимодействия внешнего и внутреннего суммарных потенциалов. Будем считать, что основной вклад в формирование и развитие земной поверхности привносит именно “конкуренция” между этими потенциалами.

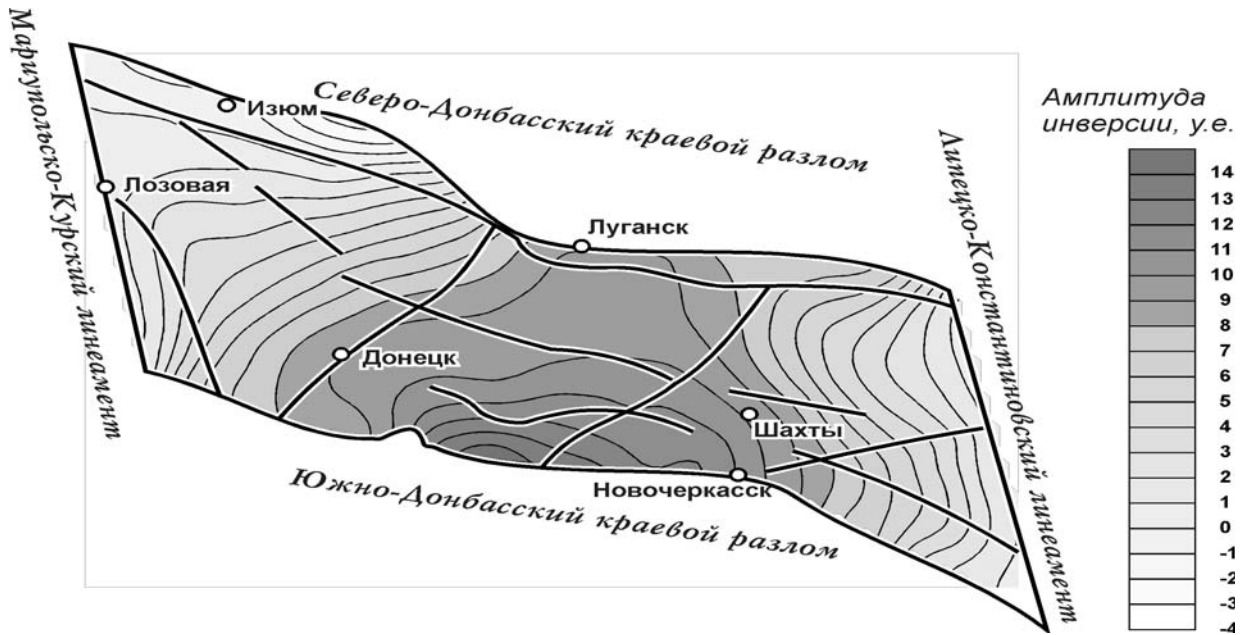
В данной работе изучается поведение вертикального смещения земной поверхности, описываемого уравнением вида (4), на примере Донецкого бассейна. В качестве основы для математического моделирования использовалась схема глубинных тектонических разломов фундамента Донбасса [5].

В момент времени, выбранный за начальный, мы предполагаем, что массив находится в состоянии покоя. Западная и восточная и границы бассейна, соответственно в зонах Мариупольско-Курского и Липецко-Константиновского линеаментов, зажаты ( $h = 0$ ), а северная (Северо-Донбасский краевой разлом) и южная (Южно-Донбасский краевой разлом) - свободны ( $\nabla h = 0$ ). Внутри массива, в зависимости от типов разрывных нарушений, задаются три вида разрывов:

- $(\nabla h|_1 - \nabla h|_2) \cdot \vec{n} = 0$  - для слабых разрывов,
- $(\nabla h|_1 - \nabla h|_2) \cdot \vec{n} + h = 0$  - для упругих разрывов,
- $(\nabla h|_1 - \nabla h|_2) \cdot \vec{n} + h = 1$  - для упругих разрывов со смещением,

где  $\vec{n}$  - вектор нормали к линии разрыва.

Получающаяся при этом начально-краевая задача решается методом численного моделирования в наиболее простой ситуации, когда в уравнении (4) младшие слагаемые ведут себя линейным образом. Соответствующий численный результат, представляющий собой картограмму изолиний амплитуд инверсионного подъема на территории Донецкого бассейна в условных единицах (у. е.) показан на рис. 1.



**Рис. 1.** Модельная реконструкция амплитуд инверсионного подъема ( $h_{\text{мод}}$ ), предшествовавшего складкообразованию в уральскую фазу складчатости герцинского орогенического цикла, на территории Донецкого бассейна.

Сопоставление полученных результатов с известными реконструкциями интенсивности денудации в Донбассе [6,7] показывает, что соответствующий численный результат моделирования ( $h_{\text{мод}}$ ), удовлетворительно описывает плановое распределение асимметричного инверсионного подъема ( $h_{\text{факт}}$ ) в пределах тектонического блока между поперечными Донецко-Кадиевским и Еланчик-Ровенецким глубинными разломами, которое предшествовало складкообразованию в уральскую фазу складчатости герцинского орогенического цикла. Между фактическими [6] и модельными данными уставлена значимая корреляционная зависимость  $h_{\text{факт}} = 0,933 \exp(0,195h_{\text{мод}})$ , коэффициент корреляции  $r = 0,76$ .

Для того чтобы аналитически прокомментировать получающийся результат рассмотрим соответствующее (4) одномерное уравнение

$$\frac{\partial^2 h}{\partial t^2} = \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + c_1 h^{\beta-1} - c_2 h^\beta, \quad 0 < c_i < \infty. \quad (5)$$

при  $\beta = 1$  (т.е.  $\alpha = 1/2$ ). Будем искать решение в виде бегущей волны, а именно:

$$h(x,t) = f(x - \sqrt{\mu/\rho} t).$$

Для функции  $f$  получаем обыкновенное дифференциальное уравнение:

$$\frac{2\mu}{\rho} f'' + c_1 - c_2 f = 0.$$

Общее решение этого уравнения имеет вид:

$$f(\xi) = a \exp(\sqrt{c_2 \rho / (2\mu)} \xi) + b \exp(-\sqrt{c_2 \rho / (2\mu)} \xi) + c_1 / c_2 \quad \forall a, b \in R^1.$$

Здесь  $\xi = x - \sqrt{\mu/\rho} t$ . Таким образом, общим решением исходного уравнения (5) при  $\beta = 1$  будет:

$$h(x,t) = a \exp(\sqrt{c_2 \rho / (2\mu)} (x - \sqrt{\mu / \rho} t)) + \\ + b \exp(-\sqrt{c_2 \rho / (2\mu)} (x - \sqrt{\mu / \rho} t)) + c_1 / c_2 \quad \forall a, b \in R^1.$$

Из вида решения следует, что оно представляет собой семейство волн движущихся на поверхности упругой пластины со скоростью  $\sqrt{\mu / \rho}$ . Для нелинейного уравнения (5) (при  $\beta \neq 1$ ) решение имеет вид

$$h(x,t) = F^{-1}(\pm \xi + b) \quad \forall b \in R^1, \quad \xi = x - \sqrt{\mu / \rho} t,$$

где функция  $F^{-1}(\cdot)$  - обратная к функции

$$F(f) := \int_{f_0}^f \frac{df}{\sqrt{a + \rho / \mu [c_2 (\beta + 1)^{-1} f^{\beta+1} - c_1 \beta^{-1} f^\beta]}} \quad \forall a \in R^1.$$

В этих рассуждениях не учитывались разрывы. Учет разрывов приводит, естественно, не к таким простым ответам, но для понимания качественной картины достаточно наблюдать за поведением решений типа бегущей волны.

Результаты численного решения начально-граничных задач для уравнения (4) позволяют определять вариации вертикальных морфотектонических смещений в ходе геологической истории развития трансформированных инверсией осадочных бассейнов.

Применительно к Донецкому бассейну, этот подход позволит в дальнейшем рассчитать пространственно-временные вариации напряженного состояния горного массива в момент инверсии и на последующих этапах тектонической эволюции бассейна. Поскольку инверсионный режим вызывает подъем отложений, активизирует эрозионные процессы, нарушает системы первичного кливажа и приводит к перераспределению сформировавшихся на доинверсионной стадии углеводородных газов, полученные результаты могут быть использованы при реконструкциях процессов миграции и формирования скоплений метана в угленосной толще, а также для прогнозирования локализации газодинамических явлений в угольных шахтах.

#### Библиографический список

- Морис Г., Мюллер А. Вращение Земли: Теория и наблюдения. – К.: Наук. думка, 1992. – 512 с.
- Whipple K X., Tucker G.E. Dynamics of the stream-power river incision model: implications for height limits of mountain ranges, landscape response timescales, and research needs // J. Geophys. Res. – 1999. – Vol. 104. – P. 17661-17674.
- Мельхиор П. Земные приливы. – М.: Мир, 1988. - 246 с.
- Теркот Д.Л., Шуберт Дж. Геодинамика: Геологические приложения физики сплошных сред. Ч. 1: Пер. с англ. - М.: Мир, 1985. -376 с.
- Привалов В.А., Панова Е.А., Азаров Н.Я. Тектонические фазы в Донецком бассейне: пространственно-временная локализация и характер проявления // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1998. – № 4. – С. 11-18.
- Нагорный Ю.Н., Нагорный В.Н. Особенности геологического развития Донецкого бассейна // Геотектоника. - 1976. – № 1. – С. 74-86.
- Привалов В.А., Саксенхофер Р., Жикаляк Н.В., Писковой М.А., Панова Е.А. Тепловые потоки в геологической истории Донбасса: результаты моделирования // Наук. праці Дон-НТУ. Сер. гірн.-геолог. – 2001. - Вип. 32. - С. 14 - 21.

**Д.В. РУДАКОВ.**

## **ПРОГНОЗ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТА РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ В ШАХТНОМ ПОЛЕ**

*Выполнен прогноз миграции радионуклидов в трещиноватом массиве вблизи места камуфлетного ядерного взрыва. Установлено, что долговременная и безопасная локализация объекта может быть достигнута за счет использования защитных свойств естественных барьеров. Результаты расчета хорошо согласуются с имеющимися данными радиоэкологического мониторинга.*

**Введение.** Серьезной проблемой горнодобывающей отрасли на современном этапе является обеспечение экобезопасности в условиях загрязнения подземных и шахтных вод. Его наиболее высокий уровень наблюдается вблизи объектов химической и радиационной опасности. Моделирование миграции в подземных водах и прогноз поступления токсичных веществ в шахтные воды в таких ситуациях сопряжены с рядом трудностей. Кроме традиционной для гидрогеохимических прогнозов проблемы нехватки исходных данных следует указать на отсутствие надежных значений параметров выщелачивания, растворения и сорбции в полевых условиях.

Известные работы в открытой печати по данному вопросу имеют сугубо теоретическую, либо чисто практическую направленность. Так, в [1] предложена численная модель тепломассопереноса в горном массиве после подземного ядерного взрыва. На основе расчетов сделан вывод о возможности длительного (десятки лет) существования в толще слабопроницаемых пород значительного по объему высокотемпературного очага (400-500 °С). Однако это не согласуется с результатами опробования в зоне объекта, рассматриваемого в данной статье: спустя 13 лет после камуфлетного взрыва на обычном температурном фоне концентрации радионуклидов в пробах воды были значительно ниже предельных величин. На основании экспериментов в [2] были установлены некоторые закономерности миграции радионуклидов в глубоких водоносных горизонтах, которые, к сожалению, не увязаны с геометрией массива и свойствами пород.

Опасность загрязнения шахтных вод может возникнуть также при захоронении в глубоких геологических формациях высокоактивных отходов ядерного топлива. Впрочем, их влияние может быть локализовано при наличии естественных и искусственных барьеров на пути миграции радионуклидов [3]. Тем не менее, возможность ведения горных работ вблизи объектов радиационной и химической опасности в шахтном поле должна быть обоснована с помощью многовариантных геоэкологических прогнозов, учитывающих многофакторность физико-химических и механических процессов. В качестве вероятных сценариев развития ситуации следует рассматривать «пессимистический» и «реалистический» варианты, которые определяются комплексом значений гидрогеохимических параметров.

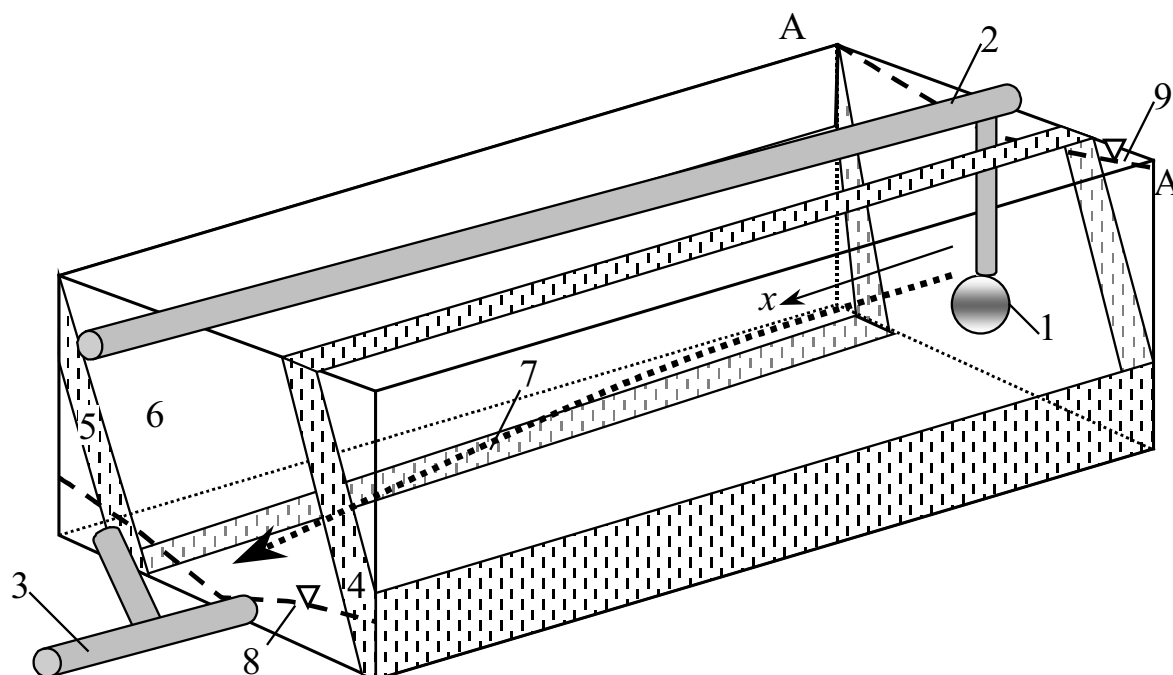
Прогноз миграции для этих вариантов должен опираться на данные о геометрии выработок, трещиноватости пород (ориентация, густота, раскрытие), адекватно учитывать водонасыщенность, сорбцию, нестационарный характер источников загрязнения. Прогноз миграции должен учитывать эффекты механического воздействия объекта на массив, изменяющие его структуру и проницаемость.

Прогноз миграции в трещиноватом массиве должен выполняться в соответствии с распределением действительных скоростей фильтрации вокруг объекта и ближайших выработок. Для его построения можно использовать сложные численные модели, требующие подробной дискретизации подземного пространства. К сожалению, большинство их основано на представлениях сплошной среды, что не позволяет адекватно отобразить трещиноватость массива и стохастический характер его проницаемости. В этих условиях эффек-

тивным инструментом прогноза оказывается изложенный в [4, 5] подход, учитывающий распределение трещин по размеру и их геометрические параметры.

**Постановка задачи.** Характерным примером объекта рассматриваемого типа является зона камуфлетного ядерного взрыва мощностью 0.3 кт, проведенного в 1979 г. на глубине 903 м в одной из шахт Центрального района Донбасса. Схема расположения очага первоначального радиоактивного загрязнения в массиве показана на рис. 1. Среди долгоживущих изотопов – продуктов взрыва ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ) наибольшей подвижностью обладает стронций. Основной проблемой безопасности данного объекта является возможное поступление этого радионуклида из зоны взрыва с подземными водами в выработки горизонта 936 м. Наиболее вероятна водная миграция  $^{90}\text{Sr}$  по трещинам в пачке песчаников, расположенной между пластами «Девятка» и «Мазур».

Целью данной работы является прогнозная оценка возможного попадания радионуклидов в выработки горизонтов 936 и 826 м с учетом предполагаемой «мокрой» консервации шахты.



**Рис. 1.** Схема расположения объекта «Кливаж» и ближайших выработок:

1 – место взрыва, 2, 3 – выработки горизонтов 826 м и 936 м; 4, 5 – пласты «Девятка» и «Мазур», 6 – водопроницаемые песчаники, 7 – вероятное направление миграции, 8, 9 – уровень подземных вод в районе выработок горизонта 936 м и над объектом

**Расчет миграции радионуклидов.** Фильтрационный расход, поступающий в осушенный восточный квершлаг горизонта 936 м со стороны объекта «Кливаж», может быть оценен по формуле Дюпюи для безнапорного потока

$$Q_f = BK \frac{H_K^2 - H_0^2}{2L}, \quad (1)$$

где  $B$  – ширина потока (мощность пачки водопроницаемых песчаников, где находится объект),  $K$  – коэффициент фильтрации,  $L$  – расстояние от места взрыва до ближайшей выработки,  $H_K^2$  и  $H_0^2$  – уровни воды над объектом и вблизи выработок. Значение  $Q_f$ , рассчитанное по формуле (1), является завышенным ввиду того, что выработки функционируют как несовершенные дрены.

Зона радиоактивного загрязнения в массиве представляет собой сферу, радиус которой  $R_K$ , согласно проведенным ранее исследованиям, не превышает 15 м. Основная часть активности сосредоточена в стеклокерамическом монолите радиусом 5 – 7 м. Наи-

большая площадь сечения зоны загрязнения составляет долю  $p_K = \pi R_K^2 / S_p$  от площади фильтрационного потока  $S_p$ , направленного в сторону выработок. Принимая  $S_p = Bh$ , где  $h$  – средняя глубина потока в зоне объекта, получим оценку  $p_K \leq 0,04$ . Это указывает на более чем 25-кратное разбавление радиоактивно загрязненной воды в фильтрационном потоке с той части массива, откуда она может поступать в выработки.

В условиях низкой массовой концентрации радионуклидов в подземных водах можно считать, что массоперенос не оказывает влияния на фильтрационный поток, причем миграция каждого изотопа идет независимо друг от друга. Ниже рассматривается миграция максимально подвижного  $^{90}\text{Sr}$ , который обладает наименьшей сорбируемостью.

Выполненный прогноз основан на одномерной модели нестационарного массопереноса распадающейся сорбируемой примеси в трещине, разработанной в [4, 5]. Модель учитывает распределение фильтрационного потока по скоростям течения в трещинах разного раскрытия. Согласно принятому подходу, от выработки по направлению к объекту многократно строятся ломаные – аналоги трещин. Их ориентация зависит от азимута и угла падения, задаваемых как случайные величины. Трещины в пласте, где находится объект, ориентированы преимущественно по простиранию. Поэтому миграция в сторону квершлага возможна только по тем из них, которые отклоняются от основного направления. Если  $\gamma$  – средний угол отклонения от этого направления, то средняя длина миграции увеличивается в  $\cos \gamma$  раз.

В результате осреднения скоростей течения в независимо построенных траекториях строится распределение водопритока по скорости стекающей в выработку воды  $P_i(v)$ . В соответствии с ним можно определить часть общего количества трещин, скорость течения в которых изменяется в диапазоне  $[v_{i,1}, v_{i,2}]$ . Одномерный нестационарный массоперенос вдоль этих трещин с осредненной по данному интервалу скоростью  $v_{i,s}$  описывается уравнением

$$D_i \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v_{i,s} \frac{\partial C}{\partial x} - \lambda' C = n_e \frac{\partial C}{\partial t}, \quad (2)$$

где  $D_i$  – параметр гидродисперсии, соответствующий скорости  $v_{i,s}$ ;  $\lambda' = \lambda + \xi$ ,  $\lambda$  – постоянная распада,  $\xi$  – параметр необратимой сорбции в породах, окружающих трещину,  $n_e$  – коэффициент эффективной пористости,  $x$  – расстояние вдоль длины трещины. Рассматриваемым гидрогеологическим условиям хорошо соответствует расчетная схема полуграниченной области. На входной границе в вертикальном сечении А–А (рис. 1), пересекающем зону взрыва, задается концентрация  $C_0$ , изменяющаяся во времени вследствие выщелачивания, водообмена и распада. В начальный момент времени концентрация в трещине равна нулю.

Концентрация  $C_0$  учитывает разбавление расходом, проходящим через водопроницаемый пласт со стороны объекта:  $C_0(t) = C_K(t) p_K$ . Концентрацию радионуклида в водонасыщенных трещинах вокруг места взрыва  $C_K$  можно найти из уравнения баланса массы в объеме этих трещин, записанного в дифференциальной форме

$$\frac{\partial C_K}{\partial t} = -\alpha' C_K + q_l(t). \quad (3)$$

Здесь  $\alpha' = \alpha + \lambda$ ,  $\alpha = Q_{f,K} / V_{f,K}$  – скорость водообмена в трещинах,  $V_{f,K}$  – их объем,  $Q_{f,K}$  – расход воды через загрязненную зону,  $\lambda$  – постоянная распада.

Интенсивность перехода радионуклида в растворимую форму  $q_l$  зависит от начальной концентрации продуктов взрыва в кусках застывшего и раздробленного расплава, площади их поверхности  $S_p$ , скорости выщелачивания  $\omega$ . Поверхность кусков в зоне дробления, согласно различным оценкам, не превышает  $10^4$  м. Значения скорости выщелачивания  $^{90}\text{Sr}$  с их поверхности, оцененные с учетом результатов лабораторных исследований, составляли в начальный период после взрыва около  $52$  Бк/(м<sup>2</sup>·сут). Данные экспери-

ментов указывают на постепенное уменьшение параметра  $\omega$ , вызванное, вероятно, вымыванием радионуклидов с поверхностных слоев обломков. В квазистационарном режиме выщелачивание зависит от весьма медленной диффузии радионуклидов в отвердевшей массе.

Предполагая, что в поверхностном слое радиоактивных обломков концентрация  $^{90}\text{Sr}$  постоянно уменьшается, допустимо принять зависимость  $q_l$  от указанных параметров в виде

$$q_l(t) = S\omega \exp(-\beta t), \quad (4)$$

где  $\beta$  – параметр, характеризующий динамику уменьшения выщелачивания.

Решение уравнения (3) при  $q_l$  в форме (4) имеет вид

$$C_K(t) = \frac{\omega_0}{\alpha' + \lambda} (e^{-\beta t} - e^{-\alpha' t}). \quad (5)$$

При «пессимистическом» сценарии, когда поступление  $^{90}\text{Sr}$  в подземные воды считается максимальным, следует принять минимально возможное значение  $\beta$ . При этом рассчитанная согласно (5) концентрация в зоне взрыва должна соответствовать фактическим данным.

Распределение концентрации вдоль длины трещины при переменной во времени входной концентрации можно определить по формуле [6]:

$$C(x, t) = \int_0^t C_p(x, t - \tau) \frac{\partial}{\partial \tau} C_0(\tau) d\tau, \\ C_p(x, t) = \frac{1}{2} \left\{ \exp\left(\frac{x(v-s)}{2D}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{x-vt}{2\sqrt{Dt}}\right) + \exp\left(\frac{x(v+s)}{2D}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{x+vt}{2\sqrt{Dt}}\right) \right\}, \quad (6)$$

где  $s = \sqrt{v^2 + 4D\lambda'}$ . Параметр  $D$  в уравнениях (2) и (6) зависит от конвекции и кинетики сорбции на стенках трещин.

На основе принятой схемы миграции при известном распределении скоростей водопритока можно получить математическое ожидание концентрации радионуклида в воде, стекающей в выработку

$$C_{\Sigma}(L_f, t) = \int_{v_{\max}}^{v_{\min}} C(L_f, t, v) dP_V(v). \quad (7)$$

Здесь  $v_{\min}$  и  $v_{\max}$  – минимальная и максимальная скорости течения при данном распределении трещин по размеру;  $L_f$  – средняя длина трещин между объектом и ближайшей выработкой.

Доля вещества, движущегося с водой при наибольших скоростях, в общей массе незначительна, а время достижения выработки – минимальное. С уменьшением скорости эта доля увеличивается, и в момент времени, соответствующий  $v_{\min}$ , достигает максимума  $P_{\max}$ . Вследствие распада и сорбции  $P_{\max} < 1$ .

**Результаты расчета.** При составлении расчетной схемы, обосновании ее параметров, анализе результатов, использовались данные радиоэкологического мониторинга на объекте «Кливаж», а также исследования трещиноватости и проницаемости пород в Центральном районе Донбасса.

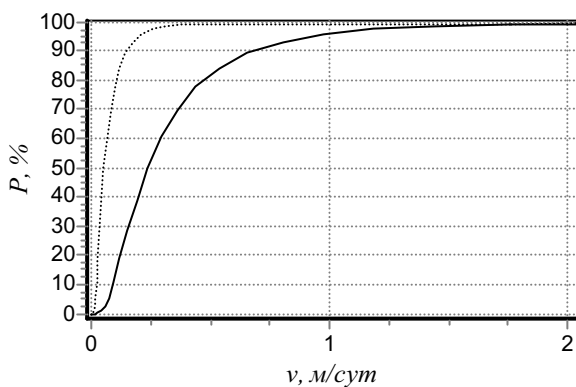
Максимально возможное значение притока  $Q_f$ , рассчитанное по формуле (1), составляет  $28 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Тогда скорость водообмена в ближайших к месту взрыва трещинах  $\alpha = 0.04 Q_f / (4\pi R_K^3 / 3) \leq 2 \cdot 10^{-2} \text{ сут}^{-1}$ . Активная (проточная) трещинная пористость в пач-

ке песчаников принята равной 0,005. Фильтрационный градиент, рассчитанный на основании результатов опробования в режиме осушения, составил 0,46. После затопления нижних горизонтов его значение не превысит 0,1.

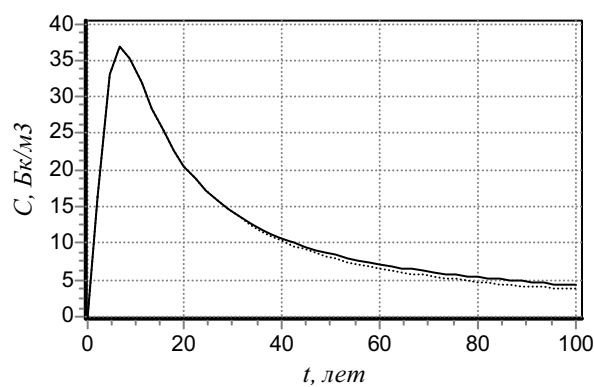
Среднее раскрытие трещин, используемое при расчете, задавалось переменным в пространстве. Предполагалось, что по мере приближения к месту взрыва оно увеличивается в несколько раз по сравнению ненарушенной частью пласта. Вычисленное согласно методике [7] значение коэффициента фильтрации хорошо согласуется с полученным на основе натурных исследований максимальным значением 0,009 м/сут. Такое значение  $K$  соответствует «пессимистическому» сценарию, при котором происходит наиболее быстрая миграция радионуклидов в подземных водах. Рассчитанное распределение притока в выработки горизонта 936 м при разных градиентах, соответствующих осушенному и затопленному состояниям, показано на рис. 2а.

Коэффициент диффузии в уравнении (2) задавался в виде  $D=\delta v$ , причем параметр  $\delta$  изменялся в диапазоне 0,5 – 25 м. Изменение  $D$  практически не повлияло на характер выходных кривых концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в воде, стекающей в выработки. Количественные изменения не превысили 15% в рассчитанном диапазоне распределения скоростей (рис. 2а). Причиной этого является интегральный учет всех скоростей водопритока в предположении их непрерывного распределения. Параметр  $n_e$ , учитывающий сорбцию, в условиях принятой расчетной схемы имеет несколько другой смысл по сравнению с моделью сплошной среды. Он равен разности между исходной и поглощенной на поверхности трещин массой вещества, которая отнесена к его массе в жидкой фазе. Поэтому при значении  $n_e=1$  сорбция формально отсутствует.

На рис. 2б приведены выходные кривые концентрации  $^{90}\text{Sr}$  при «пессимистическом» варианте, когда сорбция отсутствует, а средняя длина трещин при угле их падения между объектом и выработками минимальна (400 м с учетом извилистости). Результаты расчета для более реалистических вариантов, когда точнее учитывается ориентация трещин, их длина и сорбция, показаны на рис. 2в, г.

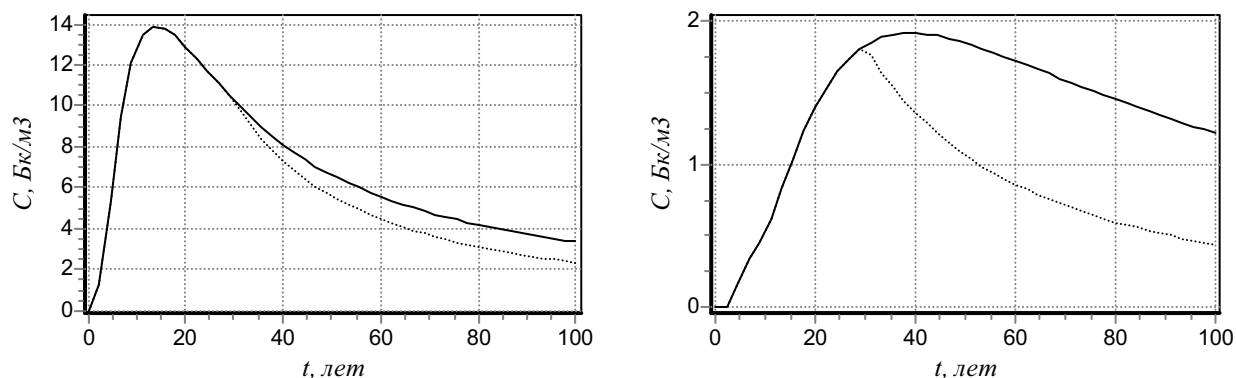


а)



б)





в) г)  
**Рис. 2.** Результаты прогноза миграции  $^{90}\text{Sr}$  в зоне объекта «Кливаж»:

а) распределение притока по скорости воды, притекающей со стороны объекта, б – г) динамика изменения концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в воде, стекающей в выработку; б)  $n_e=1$ ,  $L_f=400$  м, в)  $n_e=1$ ,  $L_f=1150$  м, г)  $n_e=5$ ,  $L_f=1150$  м; сплошная кривая – режим дренирования, точечная – затопление нижних горизонтов с 2009 г.

При самом неблагоприятном развитии ситуации повышение концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в воде, стекающей в кваршлаг горизонта 936 м, не достигнет 0,5% ДКВ (рис. 2б). Ее максимум при таком сценарии был достигнут через 8 – 12 лет после взрыва, а сейчас идет снижение концентрации вследствие уменьшения запасов растворимого стронция в зоне взрыва и его распада. При большей длине трещин и влиянии сорбции следует ожидать более позднего и менее интенсивного поступления радионуклида в шахтные воды (рис. 2в, г).

Изменение градиента и соответствующее изменение скорости фильтрации учитывалось при расчете в формулах (6) и (7) введением поправочного коэффициента для скорости, который зависит от времени. Такой прием позволил учесть уменьшение градиента при затоплении нижних горизонтов (936 и 826 м) и соответствующее уменьшение скорости фильтрации. Следствием этого является снижение поступления стронция в шахтные воды. Наиболее заметен данный эффект при большей длине трещин и в условиях значительной сорбции. В целом его влияние незначительно: ожидаемое снижение концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в стекающей в кваршлаг воде не превысит  $1 \text{ Бк/м}^3$ .

Общее поступление  $^{90}\text{Sr}$  в шахтные воды при «пессимистическом» сценарии за 20 лет после взрыва не превысит 0,005% от исходной активности этого радионуклида. Это свидетельствует о высоких защитных свойствах массивов слабопроницаемых пород в условиях замедленного водообмена.

**Выводы.** Проведенными расчетами показана возможность безопасного ведения горных работ в ближайших к зоне взрыва выработках на нижних горизонтах. Предполагаемое их затопление уменьшит градиенты фильтрационного потока, что послужит дополнительным барьером на пути остатков радионуклидов, еще содержащихся в полости взрыва и мигрирующих в пачке песчаников. Выполненные прогнозные оценки подтверждают возможность долговременной и безопасной локализации радиационно-опасных объектов в глубоких геологических формациях на основе использования свойств естественных барьеров.

### Библиографический список

- Гунин В.И. Новая трехмерная математическая модель тепло-массо-переноса в пористых средах и ее возможности // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2003, № 4, С. 355 – 370.
- Приходько Н.К., Ильичев В.А., Касаткин В.В. и др. Закономерности миграции радионуклидов в массивах горных пород // Горный журнал, 2003, № 4–5. С. 112 – 114.

- Кедровский О.И., Шишиц И.Ю., Леонов С.А. и др. Основные направления решения проблемы надежной изоляции радиоактивных отходов в СССР // Атомная энергия, 1988, Т. 64. Вып. 4, С. 287 – 294.
- Рудаков Д.В., Садовенко И.А. Обоснование модели инфильтрационных потоков в неоднородном подработанном массиве горных пород // Сб. науч. трудов ДНТУ, №13, 2005, С. 3 – 15.
- Рудаков Д.В., Садовенко И.А. Расчет загрязнения шахтных вод на основе моделирования миграции в подработанном массиве // Сб. науч. тр. НГУ, № 23, 2005, С. 203 – 211.
- Marino M.A. Distribution of contaminants in porous media flow // Water Res. Research, 1974. Vol. 10, N 5. P. 1013 – 1018.
- Ромм Е.С. Структурные модели порового пространства горных пород. – М.: Недра, 1985. – 240 с.

© Рудаков Д.В., 2007

УДК 574.2:57.04:616.007.053.1(477.60)

### **САФОНОВ А.И., КРОТЕВИЧ Н.Г., ВАСИЛЕВСКАЯ И.Ю. (ДОННУ) АНТЕНАТАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ТЕРАТОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

*Проведен анализ экологических факторов, имеющих тератогенный эффект на начальных стадиях развития человеческого организма. Рассмотрены способы эффективного выявления врожденных пороков развития и хромосомных заболеваний плода путем массового обследования всех беременных женщин. Один из современных методов пренатальной диагностики – скрининг маркеров материнской сыворотки. Апробированы стандартные варианты скрининга во II триместре, комбинированного (УЗИ + МСБ) в I триместре и интегрального скрининга (I + II триместры).*

Важнейшей задачей экологической и социальной генетики является развитие методов комплексной пренатальной диагностики врожденных пороков развития (ВПР) и хромосомных заболеваний плода, которые характеризуются высокой смертностью и инвалидностью [1-3]. Это обусловлено высокой популяционной частотой данной патологии, усугубленной неблагоприятной экологической обстановкой и последствиями аварии на Чернобыльской АЭС.

По мировым данным, обобщенным Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ – WHO), видимые при рождении пороки развития (аномалии) определяются примерно у 2,5% всех новорожденных [4]. К 5-6 годам их число возрастает до 7-10% в связи с выявлением отклонений в развитии, не обнаруженных при рождении. Около 44% ВПР имеют множественный характер. Это так называемые множественные пороки развития – МВПР. Согласно ставшему классическим определению ВОЗ, врожденные пороки развития (ВПР) – это стойкие морфологические, биохимические и функциональные нарушения у плода, обусловленные повреждающим действием экзогенных и эндогенных факторов во время беременности.

Сведения о причинах (этиологии) возникновения ВПР достаточно противоречивы. Проблема заключается в том, что, в силу многоэтапности любого морфогенетического процесса, начинающегося экспрессией определенной группы генов и заканчивающегося формированием соответствующего органа или зачатка, одна и та же аномалия (ВПР) может быть как результатом поломки генетического аппарата (мутаций), так и следствием нарушений процессов морфогенеза на уровне клетки, ткани или органа [3, 5, 6]. Следовательно, нарушения морфогенеза могут быть обусловлены повреждающим действием факторов

экзогенной природы на эмбрион, т.е. ВПР может быть фенкопией мутаций. Считается, что на долю ВПР, обусловленных наследственными факторами (генные мутации, хромосомные aberrации) приходится около 5-10 % всех ВПР. Примерно столько же составляют ВПР, индуцированные повреждающим (тератогенным) действием на плод уже известных экзогенных факторов – тератогенов. Наконец, предполагается, что 20% всех ВПР – результат неблагоприятного сочетания экзогенных и эндогенных факторов, т.е. часть ВПР имеет мультифакториальную природу [1, 4, 6].

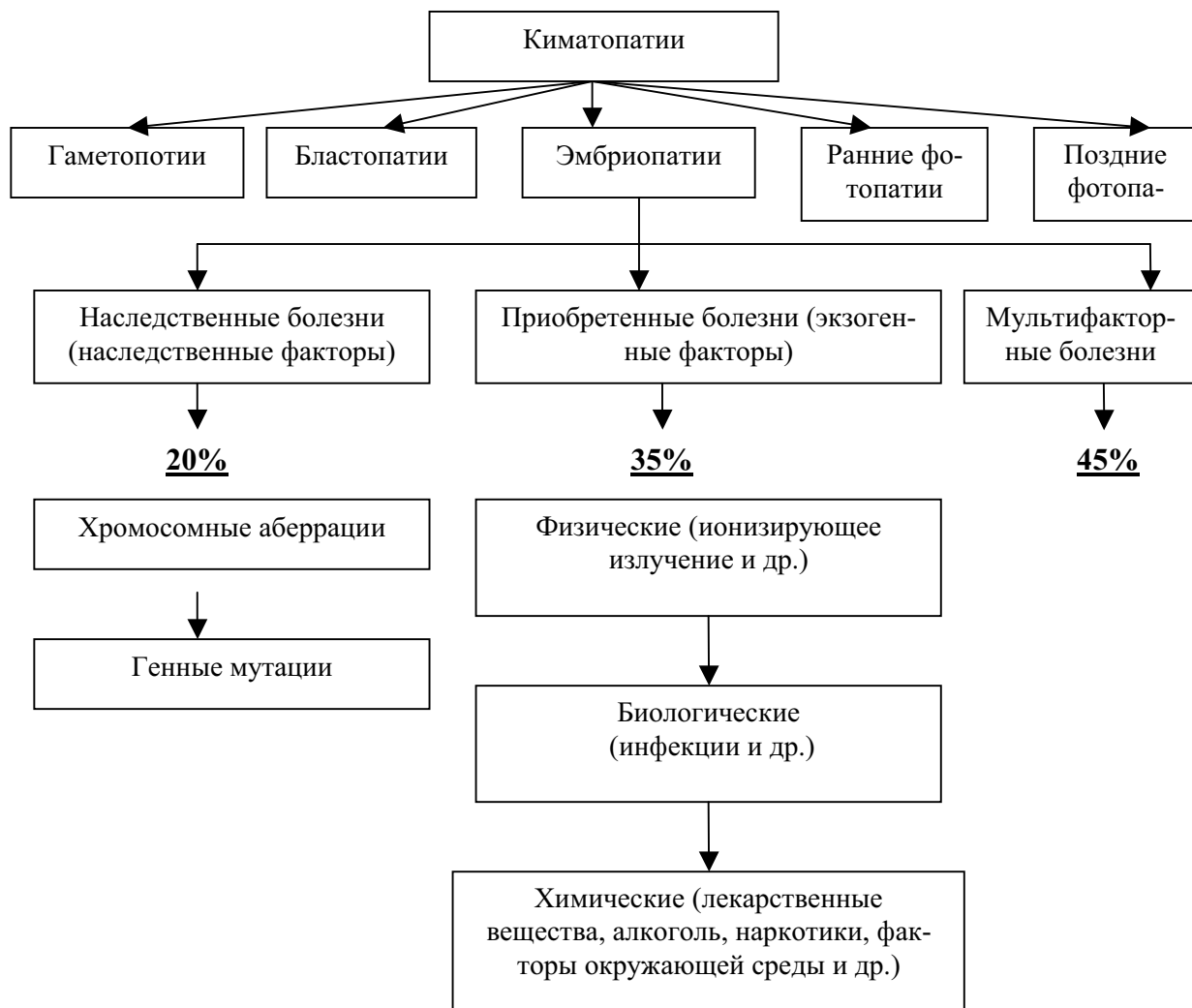
Однако до настоящего времени причины большинства ВПР (около 60%) остаются непонятными и требуют дальнейшего изучения. Все попытки ученых и врачей повлиять на мировые показатели ВПР пока не увенчались успехом. Реальная профилактика ВПР, по-видимому, может быть достигнута только на пути дальнейшего совершенствования всей медико-генетической службы, ее важнейшего и наиболее эффективного звена – пренатальной диагностики, путем массового обследования всех беременных женщин. Биохимический скрининг врожденных пороков развития плода является одним из достаточно давних вариантов генетического скрининга. Исследование белков сыворотки крови матери для оценки состояния плода было признано удобным скрининговым тестом [2, 7]. Оно явилось стимулом широкомасштабных исследований по поиску других эмбриональных белков в сыворотке крови беременных и их ассоциации с наиболее частыми патологическими состояниями плода.

Цель данной работы – анализ информативности тератогенных факторов для плода человека, обобщение факторов, определяющих тератогенную активность, т.е. частоту ВПР.

В последнее время именно деятельность человека оказывает все большее влияние на состав атмосферного воздуха. Масса данных указывает на вредное влияние загрязненного воздуха на организм человека. Уже имеются четкие представления о проявлениях неблагоприятного и опасного действия его загрязнений, и эти представления все больше и больше расширяются. Проведены масштабные исследования, по данным которых определены количественные зависимости проявления вредного действия на здоровье населения отдельных веществ и их комбинаций [2, 6].

Естественное поступление в атмосферу некоторых компонентов превосходит промышленное, однако в больших городах с развитой индустрией наблюдается обратная картина. Особенно это заметно в Донецкой области, где основными источниками загрязнения воздуха являются металлургическая, угледобывающая, химическая промышленности; предприятия теплоэнергетики, более заметным становится влияние автотранспорта [8]. Повышение антропогенной нагрузки на природную среду, загрязнение всех ее элементов отрицательно сказывается на здоровье населения. Установлено наличие прямой зависимости между экологической ситуацией и частотой возникновения многих заболеваний, в том числе и отрицательное влияние на организм беременной. Контакт беременной с вредными веществами, содержащимися в воздухе, оказывает на неё как общее токсическое, так и специфическое действие [4].

В проблемы перинатальной медицины вовлечены специалисты различного профиля - патологофизиологи, генетики, биохимики, иммунологи, неонатологи, эндокринологи, инфекционисты и др. В стадии становления и развития находятся кардиология, нефрология, неврология и невропатология плода.



**Рис 1.** Структура и причины антенатальной патологии [7, 9-11].

Аntenатальная диагностика (рис. 1) – одна из самых ресурсоемких отраслей медицины. Уже подсчитано, что стоимость лечения, реабилитации и пожизненного содержания больного с врожденной патологией в 100-1000 раз превышает затраты на антенатальную диагностику, профилактику и коррекцию патологии внутриутробного плода [4]. С появлением все более совершенной ультразвуковой аппаратуры, внедрением инвазивных способов получения плодового материала и привлечением методов молекулярной биологии антенатальная диагностика стала более технологичной, что в принципе способствует снижению ее стоимости.

В настоящее время вполне определен арсенал методов, необходимых и достаточных для выявления наследственной патологии и врожденных болезней ненаследственной природы на любой стадии развития плода (рис. 2).



**Рис 2.** Основные методы антенатальной диагностики [1, 2, 5, 9, 11].

Использование скрининга маркеров материнской сыворотки для диагностики врожденных пороков развития плода.

Впервые о связи повышенного уровня АФП в амниотической жидкости с анэнцефалией плода было сообщено в 1972 г. [1-3]. С того времени получено много данных об изменении уровня МС АФП при различных врожденных пороках развития (ВПР) плода. БС во 2 триместре беременности является исторически более ранним. До сих пор он широко применяется в различных центрах ПД во всем мире и в нашей стране.

К маркерным сывороточным белкам (МСБ) в крови матери, отклонения которых позволяют сформировать группу беременных высокого риска по рождению детей с хромосомными нарушениями и/или ВПР во II триместре, относятся альфа-фетопротеин (АФП), хорионический гонадотропин человека (ХГЧ), свободная  $\alpha$ - или  $\beta$ -субъединицы ХГЧ, свободный (неконъюгированный) эстриол (НЭ), трофобластический р-гликопротеин (ТБГ или SP1), ингибин А (ингА) и некоторые другие [1, 2, 7, 9-11].

Нами изучены маркеры при дефектах невральной трубки и передней брюшной стенки. Дефекты невральной трубки – одни из наиболее часто встречаемых пороков развития плода: популяционная частота ДНТ колеблется от 8,7 на тысячу новорожденных в Великобритании до 0,5 в негроидной популяции. В США частота ДНТ составляет 1,7 на тысячу новорожденных [4].

Анэнцефалия и спинно-мозговая грыжа (spina bifida) встречаются с примерно равной частотой и составляют большинство ДНТ. Анэнцефалия - летальный порок, его расценивают как "открытый дефект невральной трубки" (ОДНТ), связанный с частичным или полным отсутствием костей черепа и рудиментарным мозгом. Spina bifida - врожденное незаращение позвоночника с одновременным пороком развития спинного мозга. Spina bifida делятся на "открытые" (когда невральная ткань расположена в грыжевом выпячивании) и "закрытые", при которых участок незаращения затянут кожей или толстой мембраной. Спинно-мозговые грыжи у ребенка ведут к серьезным неврологическим нарушениям и требуют хирургического вмешательства. Даже при удачном исходе операции до 60% детей связаны с инвалидным креслом, имеют психические расстройства и требуют постоянного комплексного лечения.

В связи с этим проблема пренатальной диагностики ДНТ является важной и актуальной. Кроме того, следует подчеркнуть, что 95% детей с ДНТ рождаются у матерей безотягощенной родословной по подобным порокам.

Скрининг МСБ проводили на 15—18-й неделях беременности. Скрининг уровня АФП недостаточно информативен в более ранние сроки, так как в I триместре АФП не имеет диагностической ценности для выявления ДЗНТ. В литературе [7, 9] встречаются работы, в которых срок проведения скрининга для профилактики хромосомных нарушений расширяется до 22 недели беременности. Однако, что сужение срока проведения биохимических исследований помогает решить несколько проблем:

1) чем более однотипно (стандартно) проводится исследование, тем меньше величина дисперсии распределения. Это уменьшает перекрытие распределений в норме и при патологии, тем самым уменьшается число ложноположительных результатов. В идеале необходимо все исследования проводить в один срок — 15/16 недели беременности;

2) чем позже регистрируется положительный результат скрининга, тем позже может быть проведена инвазивная ПД (т.е. возрастает доля кордоцентезов по сравнению с плацентоцентезом, что рассматривается как отрицательный показатель организации ПД);

3) в более поздние сроки уменьшается точность анализа, так как нарастают отклонения в уровнях маркеров, связанные с акушерскими осложнениями.

Традиционно измерение  $\alpha$ -фетопротеина в сыворотке матери использовалось как скринирующий тест для выявления дефектов невральной трубки и передней брюшной стенки плода. Определение значений АФП выше порогового уровня было основанием для включения беременных в группу высокого риска и проведения дальнейших диагностических исследований. Проведен анализ маркеров МС в случаях врожденных пороков развития плода.

Среди всех обследованных беременных после первичного тестирования около 4% имели уровень МС АФП выше 2,5 МоМ. После коррекции на срок беременности, многоплодную беременность, наличие акушерской патологии, проведенную с помощью УЗИ, истинное повышение МС АФП сохранилось только у 2% женщин, что подчеркивает необходимость обязательного проведения УЗИ перед взятием анализа на АФП. В этой группе в результате проведения массовых программ (УЗИ и АФП-скрининга) выявлено 227 врожденных пороков развития плода.

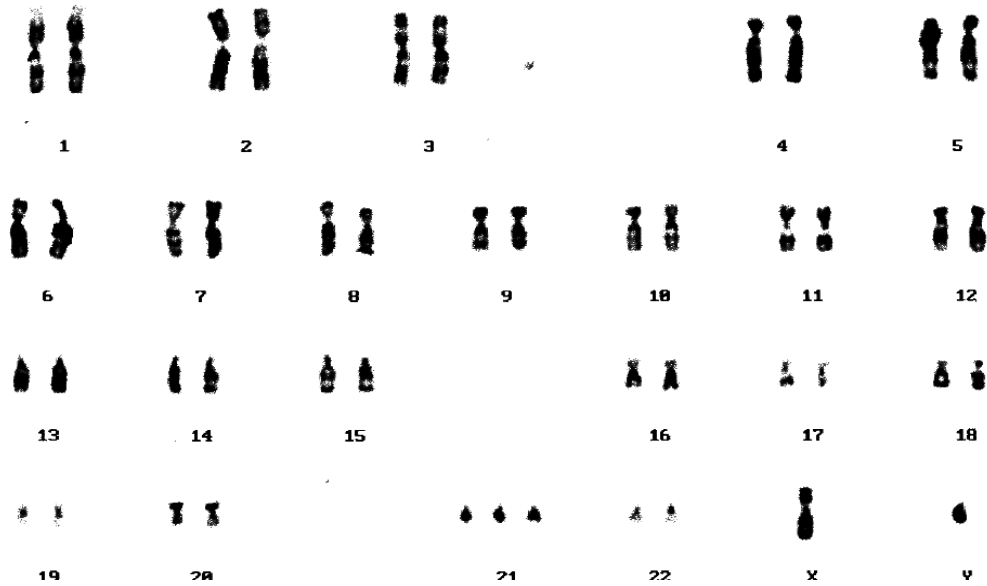
Структуру ВПР составили:

нэнцефалия - 26,  
открытая спинно-мозговая грыжа - 23,  
гидроцефалия - 22,  
дефекты передней брюшной стенки (ДПБС) -21,  
пороки почек -33,  
водянка плода - 13,  
атрезии 12-перстной кишки,  
пищевода - 16,  
шейная цистогаграма - 12,

МВПР - 12,

замершая беременность - 49.

Проведено детальное изучение динамики маркеров материнской сыворотки при отдельных врожденных пороках развития плода (рис. 3-6).



**Рис. 3.** Кариотип: 47,XY+21. Заключение: у плода выявлена хромосомная патология – регулярная трисомия 21 хромосомы – синдром Дауна.



**Рис. 4.** Кариотип: 47, XX + 13. Заключение: Выявлена хромосомная патология плода регулярная трисомия по хромосоме 13 - синдром Патау.



**Рис. 5.** Кариотип: 47,XXY. Заключение: Выявлена хромосомная патология у плода ( наличие дополнительной X - хромосомы) – синдром Кляйнфельтера.



**Рис. 6.** Кариотип: 45, XO. Заключение: Выявлена хромосомная патология – регулярная моносомия X хромосомы - синдром Шерешевского Тернера.



Таким образом, пренатальная диагностика представляет собой обширную область знаний, в которой интегрированы методы и концепции как фундаментальных наук, так и практической медицины. Главная цель ПД и ее основные задачи сосредоточены на ранней диагностике и профилактике врожденных и наследственных заболеваний.

Необходимость развития методов комплексной пренатальной диагностики врожденных пороков развития и хромосомных заболеваний плода не вызывает сомнений, ввиду высокой частоты этих патологий. В структуре детской смертности и инвалидности эти патологии занимают одно из ведущих мест. Достигнуть эффективного выявления врожденных пороков развития и хромосомных заболеваний плода можно только путем массового обследования всех беременных женщин. Этим требованиям отвечает один из самых современных методов пренатальной диагностики скрининг маркеров материнской сыворотки. В настоящее время разработаны и широко используются в ПД стандартные варианты скрининга МСБ во II триместре, комбинированного (УЗИ + МСБ) в I триместре и интегрального скрининга (I + II триместры).

Установлено, что во II триместре исследование маркерных белков сыворотки крови беременных обеспечивает формирование группы женщин высокого риска по рождению детей с ДНТ и рядом других ВПР, а также по наличию синдрома Дауна у плода. Для ДНТ чувствительность скрининга достигает 98% при анэнцефалии и 90% для спинномозговой грыжи открытого типа. При СД чувствительность биохимического скрининга достигает 67-72 % при 5-6 % ложноположительных результатов.

### Библиографический список

- Юдина Е.А., Медведев М.В. Основы пренатальной диагностики. – М.: Реальное время, 2002. – 184 с.
- Айламазян Э.К., Баранов В.С. Пренатальная диагностика наследственных и врожденных болезней. – М.: МЕДпресс-информ, 2006. – 416с.
- Бочков Н.П., Чеботарев А.Н. Наследственность человека и мутагены внешней среды. – М.: Медицина, 1989. – 248 с.
- Материалы ВОЗ. Женева. Принципы оценки риска для потомства в связи с воздействием химических веществ в период беременности. – М.: Медицина, 1965, 1988, 1999. – 450 с., 464 с., 443 с.
- Rapp Z. Obstetric genetics. – Budapest: Akademia Klado, 1990. – P. 126-190.
- Вихрук Т.И., Литовский В.А., Сологуб Е.Б. Основы тератологии и наследственной патологии. – М.: Советский спорт, 2001. – 204 с.
- Медведев М.В., Юдина Е.А. Пренатальная диагностика врожденных и наследственных болезней // Актуальные вопросы патологии родов, плода и новорожденного. – М.: Б. и., 2003. – С. 46-71.
- Земля тривоги нашої. За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2005 році / Під ред. С.В. Третьякова. – Донецьк: Б. в., 2006. – 108 с.
- Немирова Т.К., Воронин Д.В., Михайлив А.В. Антенатальная диагностика и тактика при врожденных пороках развития плода и новорожденного. Методическое пособие. – СПб.: СПбМУ, 2002. – 72 с.
- Певцова А.И. Альфа-фетопrotein: биохимические свойства, функции и клинико-диагностическое значение // Украинский биохимический журнал. – 1995. – Т. 67, №6. – С. 11-22.
- Muller F., Dreux S., Oury J.F. Down syndrome maternal serum marker screening after 18 weeks' gestation // Prenat. Diag. – 2002. – Vol. 22 (Suppl. 11). – P. 1001-1004.

© Сафонов А.И., Кротевич Н.Г., Василевская И.Ю., 2007

**ГОРОДНОВ В. П. (Академия внутренних войск МВД Украины)  
ПРИНЦИП РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЛЕГАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ  
РАЗВЕДКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ,  
КАК ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Предложены принцип, алгоритм и пример решения задачи легальной экономической разведки деятельности микро экономических объектов, как обратной задачи моделирования. Алгоритм и принцип ориентированы на выработку прогностической информации о значениях скрытых параметров по данным параметров, доступных для наблюдения.*

**Постановка проблемы.** В условиях рыночной экономики предприятие не может эффективно работать не имея информации о том, что происходит и будет происходить в занимаемом сегменте рынка. Для получения необходимой информации подразделения системы экономической разведки (службы безопасности и т.п.) предприятия непрерывно занимаются сбором, проверкой, накоплением, анализом данных о внутренней и внешней среде предприятия с дальнейшим использованием информации для решения конкретных задач его хозяйственной деятельности.

В Японии, в Швеции, а также в странах Запада конкурентная разведка представляет самостоятельную область экономической деятельности, обеспечивая высший менеджмент информацией для своевременного управления рисками компании [1–3].

Усилия специалистов экономической разведки направлены на своевременное выявление (идентификацию) объектов, свойств, процессов, намерений, планов всех участников деятельности в сфере интересов предприятия. Большую часть информации (80-95%), специалисты получают из открытых источников и лишь 5-7% добывают нелегальными способами [1].

Однако в ряде случаев может возникнуть потребность в таких данных, которые пока не существуют, поэтому их нельзя добыть, и которые могут появиться позже, с одновременной потерей их актуальности. Такие ситуации характерны для условий, когда объект разведки работает в трудно предсказуемых условиях и сам лишь ожидает возможные результаты своей деятельности. Так, выручка каждого рабочего дня супермаркета зависит, как минимум от случайных параметров потока покупателей, прибыль предприятия производителя сельхоз продукции может быть установлена лишь по результатам года и т.п. Разведка внутренних параметров текущей деятельности таких предприятий является противозаконной попыткой вскрытия коммерческой тайны и кроме того, не ведет к ответу на вопрос – какую прибыль получит предприятие за сутки, за месяц, за год, будет ли оно конкурентноспособным и т.п.

Поэтому в условиях рыночной экономики возникает проблема легальной экономической разведки некоторых параметров деятельности микроэкономических объектов для которых (для параметров) не существует информации о их текущих и/или будущих значениях, либо значения этих параметров являются коммерческой тайной.

**Анализ последних достижений и публикаций.** По вопросам конкурентной, в том числе экономической, разведки и контрразведки существует значительное количество литературы с детальным описанием технологии подготовки и ведения визуальной, агентурной, технической, аналитической (средствами Интернет) и других видов разведки, а также методов информационно-аналитической работы (см., например [1-3]), в том числе методов идентификации скрытых параметров и свойств объектов по косвенным признакам. Однако методы легальной экономической разведки значений параметров деятельности микроэкономических объектов для которых (для параметров) не существует информации о их текущих и/или будущих значениях в известной литературе пока не рассмотрены.

**Нерешенные проблемы и цели работы.** При организации бизнеса в уже занятой сфере деятельности, при решении задач маркетинга в условиях конкуренции и в некоторых других случаях может возникнуть необходимость оценки значений скрытых параметров реального микроэкономического объекта или процесса, например величины месячного дохода предприятия конкурента. Отмеченная задача экономической разведки должна решаться по данным открытых источников информации в правовом поле и не предполагать какой-либо нелегальной работы. В связи с этим возникает необходимость решения проблемы определения способа (метода) и алгоритма построения схемы формирования инструментов обработки информации, а также их использования для легального получения оценок существующих и прогнозируемых значений скрытых параметров реального микроэкономического объекта. Решение сформулированной проблемы является целью данной работы.

### **Основной материал**

**Алгоритм решения задачи легальной экономической разведки деятельности микроэкономических объектов.** Для получения оценок прогнозируемых значений скрытых параметров объектов и процессов на практике используют некоторый аналог реальной действительности, называемый ее “моделью” и позволяющий реализовать возможность предсказания. С этой целью воспользуемся известным определением.

Понятие “модель”, образованное от лат. *modulus* – мера, образец, в широком смысле слова включает любой образ какого-либо объекта, процесса или явления, служащего оригиналом модели [4, с. 828 п. 5].

Прямой задачей моделирования является задача построения модели реального объекта с целью прогноза возможных будущих значений искомых параметров и показателей в условиях наличия доступа к любым известным параметрам объекта.

Обратной задачей моделирования является задача построения (и/или преобразования) модели с целью восстановления прошлых или настоящих значений скрытых параметров реального объекта по информации о параметрах, доступных для наблюдения.

Алгоритм решения обратной задачи моделирования, который можно использовать как алгоритм легальной разведки, представим в следующем виде.

Решить прямую задачу моделирования – то есть построить модель реального объекта (процесса), полагая возможным получение значений любых актуальных параметров реального объекта. Составить формульную схему взаимосвязи параметров и показателей моделируемого объекта.

Определить состав параметров, которые доступны для наблюдения в реальном объекте (процессе). При необходимости скорректировать полученную модель так, чтобы параметры, доступные для наблюдения, были непосредственно учтены в модели. Установить перечень искомых параметров.

Преобразовать исходную модель и получить зависимость искомых параметров и показателей от значений наблюдаемых параметров, сформировать формульную схему и алгоритм расчетов искомых параметров и показателей.

Оценить необходимый объем наблюдений и достигаемую погрешность оценок значений наблюдаемых параметров. Для этого можно использовать известные категории доверительного интервала и доверительной вероятности [см., например, 5].

Выполнить полевые наблюдения и обработать их результаты, рассчитать значения наблюдаемых параметров реального процесса.

Выполнить расчеты значений искомых (скрытых) параметров и показателей.

Оценить погрешность расчетов, сделать выводы о необходимости дополнительных исследований. Погрешность оценок промежуточных и конечных переменных и показателей можно оценить по формуле полного дифференциала [см., например, 5].

**Пример.** Оценить величину дохода (и прибыли) круглосуточного продовольственного супермаркета “Феникс” за сутки ( $Dx_c, Прб_c$ ), за неделю ( $Dx_n, Прб_n$ ), за месяц ( $Dx_m, Прб_m$ ) и за год ( $Dx_z, Прб_z$ ), используя параметры, доступные для наблюдения.

**Решим прямую задачу** – построим модель процесса получения дохода супермаркетом в результате обслуживания входного потока покупателей, имеющего разную интенсивность в разное время суток. Для этого разделим сутки (24 часа) работы супермаркета на отрезки времени с примерно постоянной интенсивностью  $I$  прихода покупателей, например длительностью в один час. Обслуживание каждого  $i$ -го покупателя приносит доход в размере  $Dx_i$ , который равен заранее неизвестной (случайной) величине оплаченной стоимости ( $C_i = Dx_i$ , грн) купленных товаров. Обозначим возникающую при этом прибыль символом  $Прб_i$ . Размер этой прибыли для условий стационарной работы супермаркета, когда процесс окупаемости начальных вложений закончился, можно приближенно оценить через коэффициент нормы прибыли  $K_{н.пр}$ , установившийся для данного вида бизнеса в данном регионе. Величина отмеченной прибыли ( $Прб$ ) случайна и имеет математическое ожидание [5]:

$$M[Dx] = N_{обс} \cdot C_1; \quad M[Прб] = K_{н.пр} \cdot M[Dx] = K_{н.пр} \cdot N_{обс} \cdot C_1. \quad (1)$$

где  $C_1$  – средняя стоимость одной покупки;

$N_{обс}$  – математическое ожидание числа обслуженных покупателей.

Построим модель для отыскания математического ожидания ( $N_{обс}$ ) количества выполненных покупок (обслуженных покупателей). Доступная для наблюдения часть работы супермаркета включает торговый зал с товарами, обслуживающий персонал в зале и кассы. Ключевым элементом в получении дохода являются  $n$  касс, в каждой из которых (см. рис. 1) обслуживается парциальный поток покупателей интенсивности  $I_1$  путем определения и оплаты стоимости  $C_i$  покупки очередного покупателя.

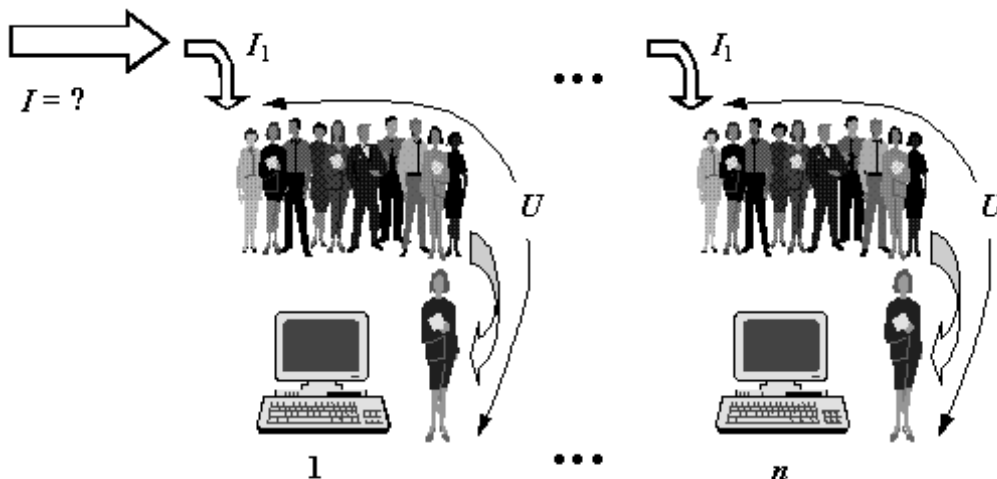


Рис. 1. Схема касс супермаркета

Длительность обслуживания каждого покупателя зависит от состава покупки, заранее неизвестна (случайна) и хорошо аппроксимируется показательным законом распределения  $f(t) = \mu \cdot \exp(-\mu \cdot t)$ , где  $T_{обс} = M[T_i]$  – математическое ожидание длительности обслуживания,  $\mu = (T_{обс})^{-1}$  – производительность одной кассы. Квалификация и производительность каждого кассира удовлетворяет одинаковым требованиям и примерно одинакова. Покупатели выходят к каждой кассе из разных зон торгового зала (зона продуктов молочных, кондитерских, алкогольных напитков, и др.), каждая из которых является источником своего частного потока покупателей. Поэтому суммарный поток покупателей к кассам, в соответствии с теоремой А. Я. Хинчина [6] оказывается близким к простейшему с интенсивностью  $I$  покупателей в минуту. Покупатели, не хотят тратить лишнее время и ищут кассу с меньшей очередью, что автоматически выравнивает длину очереди на кассах. Тогда общий поток покупателей (интенсивности  $I$ ) распадается на  $n$  потоков с интенсивностью  $I_1 = I/n$ .

Не обслуженными покупателями из очереди не уходят. Поэтому наиболее подходящей моделью для работы одной кассы супермаркета является одно канальная система массового обслуживания с неограниченным числом мест для ожидания ( $M/M/1/\infty$ ). Для этой модели аналитические зависимости финальных вероятностей  $P_k$  состояний  $S_k$ , наличия в системе ровно  $k$  требований, а также вероятности обслуживания ( $P_{обс}$ ), отказа ( $P_{отк}$ ) в обслуживании, абсолютной пропускной способности ( $A$ ) системы обслуживания, средней длины очереди ( $r$ ) в системе, среднего числа требований под обслуживанием ( $w$ ) и в системе ( $U$ ), а также математического ожидания числа обслуженных требований на одной ( $N_{обс.1}$ ) и на всех ( $n$ ) кассах ( $N_{обс}$ ) супермаркета и коэффициента загрузки ( $\rho$ ) канала имеют вид:

$$P_0 = 1 - \rho; \quad P_k = \rho^k P_0; \quad P_{отк} = 0; \quad P_{обс} = q = 1; \quad A = I_1; \quad N_{обс.1} = I_1 \cdot t;$$

$$I_1 = \frac{I}{n}; \quad \mu = \frac{1}{T_{обс}}; \quad r = \frac{\rho^2}{1 - \rho}; \quad w = \rho = \frac{I_1}{\mu}; \quad U = r + w = \frac{\rho}{1 - \rho}; \quad N_{обс} = n N_{обс.1}.$$

**Определим состав параметров**, которые доступны для наблюдения. Такими параметрами являются: количество работающих касс ( $n$ ), стоимость одной покупки ( $C_i$ ), суммарное количество покупателей ( $U_1$ ) в очереди и под обслуживанием на одной кассе, время ( $T_i$ ), затрачиваемое кассиром на обслуживание одного покупателя, а также номер дня (#дн) недели и номер месяца (#мс) визита специалиста экономической разведки. Математическое ожидание ( $N_{обс.1}$ ) количества покупок за время  $t$  определяется неизвестной интенсивностью потока покупателей  $I_1$ , отыскание скрытого значения которой следует выполнить.

**Преобразуем исходную модель** и найдем зависимость интенсивности потока покупателей  $I_1$  и показателей (дохода, прибыли) от наблюдаемых параметров.

**4.2.3.1.** Найдем текущую интенсивность потока покупателей  $I_1$  на одной кассе:

$$U_1 = \frac{\rho}{1 - \rho}; \quad \rightarrow \quad \rho = \frac{U_1}{1 + U_1} = \frac{I_1}{\mu}; \quad \rightarrow \quad I_1 = \mu \cdot \frac{U_1}{1 + U_1} = \frac{U_1}{T_{обс} \cdot (1 + U_1)}. \quad (2)$$

Таким образом, достаточно оценить математические ожидания количества ( $U_1$ ) покупателей на одной кассе и времени обслуживания ( $T_{обс}$ ) одного покупателя.

Найдем для одной кассы средние за сутки значения: интенсивность потока покупателей, число обслуженных покупателей, доход и прибыль. Текущие оценки (2) можно выполнять каждый час и получить почасовую зависимость интенсивности входного потока покупателей на одну кассу. Предположим, что такая работа была проделана, найдена максимальная интенсивность  $I_{1,m}$ , которая оказалась на интервале  $\Delta_m$ , выполнен переход к относительным значениям интенсивностей:

$$I_{1.k}^{отн} = \frac{I_{1.k}}{I_{1,m}}; \quad k = 1, \dots, L; \quad I_{1.k}^{отн} \leq 1,$$

и полученная зависимость представлена на рис. 2.

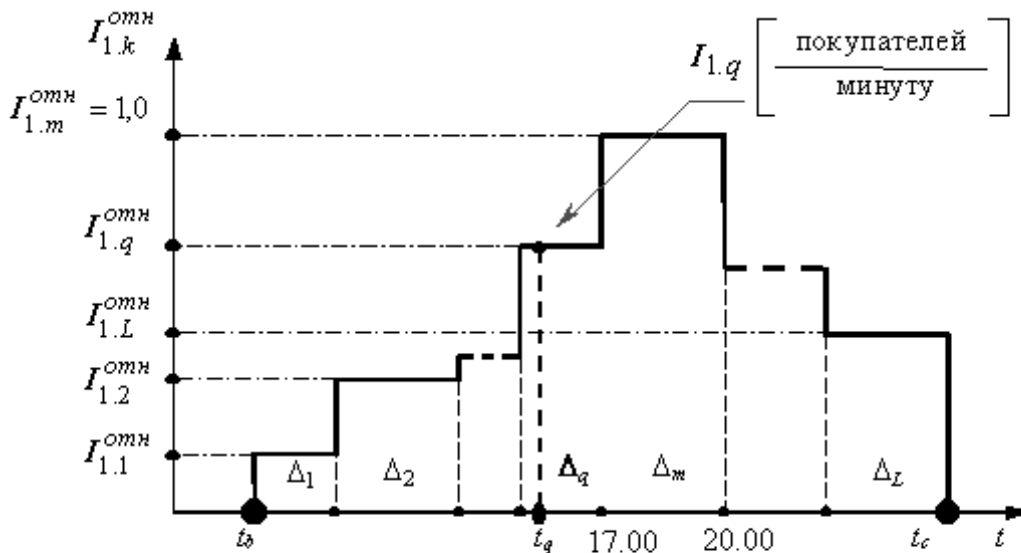


Рис. 2. Изменение относительных значений интенсивности потока покупателей  $I_{1,k}^{омн}$  ( $k=1, \dots, L$ ) на одной кассе супермаркета

При грубых оценках зависимость интенсивности потока покупателей в относительных величинах для рабочих дней недели можно построить по информации режима жизнедеятельности покупателей – время ночного сна, работы, обеденного перерыва, возвращения с работы и др., что условно показано на рис. 2. Тогда среднее значение интенсивности потока покупателей на одну кассу найдем:

$$I_{1,ср}^{омн} = \frac{1}{t_c - t_b} \left( I_{1,1}^{омн} \Delta_1 + I_{1,2}^{омн} \Delta_2 + \dots + I_{1,L}^{омн} \Delta_L \right) = \frac{1}{t_c - t_b} \sum_{k=1}^L I_{1,k}^{омн} \Delta_k.$$

При одинаковой длине шага по оси времени ( $\Delta_k = \Delta$ ) получим:

$$I_{1,ср}^{омн} = \frac{1}{t_c - t_b} \sum_{k=1}^L I_{1,k}^{омн} \Delta_k \Big|_{\Delta_k = \Delta} = \frac{\Delta}{t_c - t_b} \sum_{k=1}^L I_{1,k}^{омн}. \quad (3)$$

Посетив супермаркет в момент времени ( $t_q$ ) и измерив абсолютное значение интенсивности ( $I_{1,q}$ ) входного потока покупателей на одну кассу, найдем единицу масштаба ( $M_1$ ) по оси ординат и абсолютное значение любой  $k$ -й интенсивности ( $I_{1,k}$ ):

$$M_1 = \frac{I_{1,q}}{I_{1,q}^{омн}}; \rightarrow I_{1,k} = I_{1,k}^{омн} \cdot M_1 = I_{1,k}^{омн} \cdot \frac{I_{1,q}}{I_{1,q}^{омн}}; \quad k=1, \dots, L. \quad (4)$$

Среднее значение интенсивности потока покупателей на одну кассу найдется:

$$I_{1,ср} = I_{1,ср}^{омн} \cdot M_1. \quad (5)$$

Оценку математического ожидания числа обслуженных покупателей на одной кассе за время ( $t = t_c - t_b$ ) найдем с учетом формул (3 – 5):

$$N_{обс.1} = I_{1,ср} \cdot (t_c - t_b) = \begin{cases} M_1 \cdot \Delta \sum_{k=1}^L I_{1,k}^{омн}, & \text{при } \Delta_k = \Delta; \\ M_1 \cdot \sum_{k=1}^L I_{1,k}^{омн} \Delta_k, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Суточный доход и прибыль на одной и на  $n$  кассах в  $j$ -й день недели:

$$Dx_1 = N_{обс.1} C_1; \quad Прб_1 = K_{н.пр} Dx_1; \quad Dx_{c,j} = n Dx_1; \quad Прб_{c,j} = n Прб_1.$$

Найдем оценки дохода и прибыли за текущие неделю ( $Dx_n, Прб_n$ ), месяц ( $Dx_m, Прб_m$ ) и год ( $Dx_r, Прб_r$ ). Отмеченные показатели линейно зависят от интенсивности потока покупате-

лей внутри недели (по дням), внутри месяца (по неделям) и года (по месяцам). Построим экспертно указанные зависимости в относительных единицах для дохода (см. рис. 3).

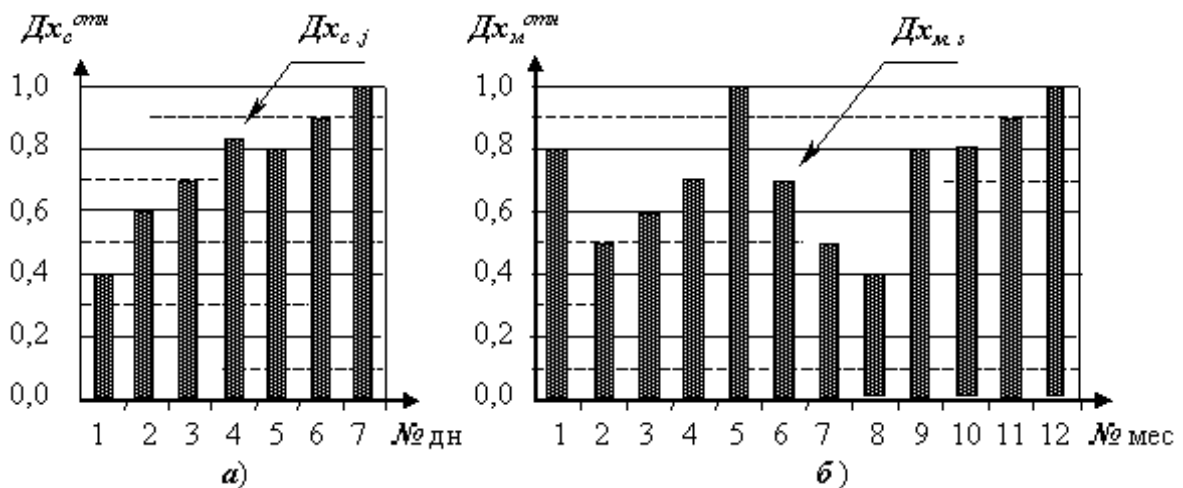


Рис. 3. Пример изменения относительных значений дохода супермаркета: **а)** по дням недели, **б)** по месяцам года

Пусть мы нашли суточный доход в  $j$ -й день недели  $s$ -го месяца текущего года. Найдем масштаб ( $M_c$ ) по оси ординат (см. рис. 3 **а**) и абсолютный доход в  $k$ -е сутки:

$$M_c = \frac{Dx_{c,j}}{Dx_{c,j}^{отн}}; \rightarrow Dx_{c,k} = Dx_{c,k}^{отн} \cdot M_c; \quad k = 1, \dots, 7.$$

Доход за неделю в  $s$ -м месяце найдем как сумму суточных доходов:

$$Dx_{н,s} = \sum_{k=1}^7 Dx_{c,k} = M_c \cdot \sum_{k=1}^7 Dx_{c,k}^{отн}.$$

Доход за  $s$ -й месяц, а также единицу масштаба ( $M_m$ ) по оси ординат (см. рис. 3 **б**) и абсолютное значение дохода в любой  $k$ -й месяц найдем:

$$Dx_{m,s} = R Dx_{н,s}; \quad (R \approx 30/7); \quad M_m = \frac{Dx_{m,s}}{Dx_{m,s}^{отн}}; \rightarrow Dx_{m,k} = Dx_{m,k}^{отн} M_m; \quad k = 1, \dots, 12.$$

Доход за год найдем как сумму месячных доходов:

$$Dx_{г} = \sum_{k=1}^{12} Dx_{m,k} = M_m \cdot \sum_{k=1}^{12} Dx_{m,k}^{отн}.$$

**4.2.3.4.** Формульная схема и алгоритм расчетов искомых параметров и показателей по информации значений наблюдаемых параметров включает следующие пункты.

Построить графики (или таблицы, см. табл. 1) изменения относительных значений: интенсивности потока покупателей  $I_{1,k}^{отн}$  ( $k = 1, \dots, L$ ) на одной кассе супермаркета (рис. 2) за оцениваемый период времени ( $t = t_c - t_b$ ); дохода супермаркета по дням недели и по месяцам года (рис. 3).

Зафиксировать время ( $t_q$ ), день недели ( $j$ ) и месяц ( $s$ ) своего посещения супермаркета и оценить количество  $n$  касс в супермаркете, средние значения: стоимости одной покупки ( $C_1$ ), времени обслуживания покупателя на кассе ( $T_{обс}$ ), количества покупателей ( $U_1$ ) на кассе:

$$C_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_i; \quad T_{обс} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{обс,i}; \quad U_{1,q} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_{i,q}. \quad (6)$$

Таблица 1

Результаты решения задачи экономической разведки дохода (и прибыли) круглосуточного продовольственного супермаркета “Феникс” (обратная задача моделирования)

№ П/П	Параметр	Значение	Единица измерения	Время суток, ч.	$I_{1.k}^{отн}$	День недели	$Dx_{c.j}^{отн}$
1	$Tq =$	14	час визита	1	0,1	1	0,4
2	$j =$	4	четверг	2	0,1	2	0,6
3	$s =$	6	июнь	3	0,1	3	0,7
4	$n_{касс} =$	22		4	0,2	4	0,856
5	$\Delta =$	1	час	5	0,2	5	0,8
6	$N =$	20	опытов	6	0,2	6	0,9
7	$K_{норм.прб} =$	0,1		7	0,3	7	1
8	<b>Расчеты за сутки</b>			8	0,4	$S_{\Sigma} =$	<b>5,26</b>
9	$C_1 =$	75	грн	9	0,5	Месяц	$Dx_{m.k}^{отн}$
10	$U_1 =$	4	чел	10	0,8		
11	$T_{обс} =$	5	минут	11	0,7	1	0,8
12	$T_{обс} =$	0,0833	часов	12	0,8	2	0,5
13	$M_1 =$	13,714		13	0,7	3	0,6
14	$N_{обс.1} =$	190,63	покупатель	14	0,7	4	0,7
15	$Dx_1 =$	14 297,14	грн	15	0,9	5	1
16	$Прб_1 =$	1 429,71	грн	16	1	6	0,7
17	$Dx_{сут.j} =$	314 537,14	грн	17	1	7	0,5
18	$Прб_{сут.j} =$	31 453,71	грн	18	1	8	0,4
19	<b>Расчеты за неделю, месяц, год</b>			19	1	9	0,8
20	$Dx_{ндл.s} =$	1931725,71	грн	20	0,9	10	0,8
21	$Прб_{ндл.s} =$	193 172,57	грн	21	0,9	11	0,9
22	$Dx_{мес.s} =$	8 278 824,5	грн	22	0,8	12	1
23	$Прб_{мес.s} =$	827 882,45	грн	23	0,5	$S_{\Sigma} =$	8,7
24	$Dx_{год} =$	102893 962	грн	24	0,1	$Mc =$	367 542,857
25	$Прб_{год} =$	10289396,2	грн	$S_{\Sigma} =$	13,9	$Mm =$	11 826 892,1

Используя график изменения относительных значений: интенсивности потока покупателей  $I_{1.k}^{отн}$  ( $k = 1, \dots, L$ ) на одной кассе супермаркета, дохода супермаркета по дням недели и по месяцам года, рассчитать значения промежуточных и конечных переменных величин и показателей:

$$I_{1.q} = \frac{U_{1,q}}{T_{обс} \cdot (1 + U_{1,q})}; \quad M_1 = \frac{I_{1,q}}{I_{1,q}^{отн}}; \quad N_{обс.1} = \begin{cases} M_1 \cdot \Delta \sum_{k=1}^L I_{1,k}^{отн}, & \text{при } \Delta_k = \Delta; \\ M_1 \cdot \sum_{k=1}^L I_{1,k}^{отн} \Delta_k, & \text{иначе.} \end{cases}$$

$$Dx_1 = N_{обс.1} C_1; \quad Прб_1 = K_{н.пр} Dx_1; \quad Dx_{c.j} = n Dx_1; \quad Прб_{c.j} = n Прб_1.$$

$$M_c = \frac{Dx_{c.j}}{Dx_{c.j}^{отн}}; \quad Dx_{н.s} = M_c \cdot \sum_{k=1}^7 Dx_{c.k}^{отн}; \quad R \approx \frac{30}{7} = 4,29;$$

$$Dx_{m.s} = R \cdot Dx_{н.s}; \quad M_m = \frac{Dx_{m.s}}{Dx_{m.s}^{отн}}; \quad Dx_{\Gamma} = M_m \cdot \sum_{k=1}^{12} Dx_{m.k}^{отн}.$$

Данная схема реализована в табл. 1 и позволяет найти искомые результаты.



Выполним полевые наблюдения, обработаем их результаты, рассчитаем значения наблюдаемых параметров реального процесса, а также значения искомым (скрытым) параметров и показателей в соответствии с формульной схемой и алгоритмом, рассмотренным в п 3.4. данного приложения 3. Результаты компактно представим в виде табл. 1 и рисунка 3.

#### **Выводы и направления дальнейших исследований.**

Предложены принцип и алгоритм решения задачи легальной экономической разведки деятельности микроэкономических объектов, как обратной задачи моделирования, что позволяет получать прогностическую информацию о скрытых значениях параметров деятельности микроэкономических объектов не выходя за рамки правового поля. Эти же принцип и алгоритм могут быть использованы менеджерами при решении задач управления самим предприятием путем использования значений наблюдаемых параметров и оперативного прогноза значений показателей эффективности деятельности предприятия. Приведенный пример наглядно демонстрирует возможности легальной экономической разведки на основе решения обратной задачи моделирования.

В дальнейшем представляет интерес определение потребных затрат времени и ресурсов на выполнение комплекса работ по легальной экономической разведке, что является необходимым условием ее планирования и выполнения.

#### **Библиографический список**

**Доронин А.И.** Бизнес разведка. – М.: "Ось-89", 2006 – 496с.

**Ромачев Р.В., Меркулов Ф.Г.** Энциклопедия деловой разведки и контрразведки – М.: Русь-Олимп, Харвест, 2007. – 432 стр.

**Ромачев Р.В., Нежданов И.Ю.** Конкурентная разведка. Практический курс. – М.: Ось-89, 2007. – 272 с.

**Советский** энциклопедический словарь.– М.: Сов. энцикл, 1980.– 1600 с.

**Городнов В. П.** Вища математика (популярно, із прикладами): Підручник для студ. екон. спец. вищ. навч. закл. Нар. укр. акад. [Каф. математики і мат. моделювання] – Х.: Вид-во НУА, 2005. – 384 с.

**Хинчин А. Я.** Работы по математической теории массового обслуживания / Под ред. Б. В. Гнеденко. – М.: Физматгиз, 1963. – 236 с.

© *Городнов В. П., 2007*

**ДМИТРОВ С.О., КОВАЛЕНКО А.П. (НБУ)  
УПРАВЛІННЯ ОПЕРАЦІЙНИМ РИЗИКОМ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ**

*В статье исследуется проблема оценки операционного риска как математически выраженной вероятности наступления потери на основе статистических данных за определенный период работы конкретного банка (отделений банка, группы банков) по каждому фактору операционного риска. Отсутствие методики оценки операционного риска по стандартам банковского надзора решается использованием байесовского анализа.*

Операційний ризик, як правило, не вважається головним у діяльності фінансової установи. Але його вплив на банківську діяльність настільки суттєвий, що не долік уваги в управлінні цим видом ризику, може призвести до великих фінансових втрат.

Операційний ризик визначається як ризик втрати в результаті неадекватних або помилкових внутрішніх процесів, дій працівників та систем, або зовнішніх подій.

Сутність розрахунку операційного ризику, можна показати як можливість здійснення кількісної оцінки ймовірності настання втрати і обумовлюється необхідністю розробки механізму зниження негативних наслідків подій що прогнозуються. [Базель - 2].

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** За стандартом банківського нагляду Базель II при оцінці операційного ризику визначаються вимоги до капіталу у відсотках до щорічного додатного валового доходу, що не враховує оцінки операційного ризику як ризику втрат по кожному з факторів: *посягання на власність банку; інформаційний ризик; ризик, пов'язаний з порядком функціонування банку та ризик недоброякісної конкуренції.* Але в реальній діяльності банку може бути, що не присутній ні один фактор ризику, або ж присутні фактори ризику в певних комбінаціях. При цьому фактори ризику в цілому можуть наступити з певною ймовірністю. Вирішення цієї проблеми викликає необхідність побудови математичної моделі управління операційним ризиком в діяльності комерційного банку з використанням методу байєсовського аналізу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.** Питанням моделювання ризиків в Україні приділяється багато уваги, особливо в роботах Вітлінського В.В., Великоіваненко Г.І.[0], Шапкіна А.С., Шапкіна В.А.[0], Івченко І.Ю.[0], Матвійчика А.В.[0], Жлуктенко В.І., Наконечного С.І.[0] та інших дослідників Серед іноземних дослідників можна виділити науковців: Krishnan C. N. V, P. Ritchken H., Thomson J. B.[0], John H. Boyd, Gianni De Nicolò[0], Lewellen K.[0] та інших.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Відсутність методики оцінки операційного ризику потребує побудови математичної моделі оцінки операційного ризику по кожному з його факторів, коли вони присутні в певних комбінаціях або з певною ймовірністю.

**Постановка завдання (формулювання цілей статті).** Ціллю роботи виступає побудова математичної моделі управління операційним ризиком в діяльності комерційного банку на основі використання апарату теорії ймовірності – байєсовського аналізу.

**Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Оцінка операційного ризику з точки зору класичних підходів проводиться на основі теорії ймовірностей. При цьому операційний ризик має математично виражену ймовірність настання втрати і може бути розрахований з достатньо високим ступенем достовірності. Ймовірність розраховується на основі статистичних даних за певний період роботи конкретного банку (відділень банку, групи банків) по кожному з факторів операційного ризику. При цьому може бути кілька економіко-математичних моделей, які можуть бути використані для попереднього аналізу різних факторів ризику як по різним фі-

ліям банку, так і по банку в цілому. При цьому такий порівняльний аналіз дозволяє виділити найбільш небезпечні фактори ризику і так звану ціну одиниці фактору ризику.

До їх недоліків, слід віднести те, що припускається обов'язкова присутність одного фактору ризику. В реальній діяльності банку може бути, що не присутній ні один фактор ризику, або ж присутні фактори ризику в певних комбінаціях. При цьому фактори ризику в цілому можуть наступити з певною ймовірністю. Розглянемо таку модель.

Нехай сумарна ймовірність настання різноманітних ризиків (посягання на власність банку; інформаційний ризик; ризик, пов'язаний з порядком функціонування банку та ризик недоброякісної конкуренції) рівна  $p_s$ , а можливі сумарні втрати можуть скласти величину  $V_s$ . Ця ймовірність  $p_s$  складається із суми ймовірностей кожного ризику, тобто

$$p_s = \sum_{i=1}^N p_i. \text{ В даному конкретному прикладі маємо}$$

$$p_s = p_1 + p_2 + p_3 + p_4.$$

$$\text{Тут } p_i = \frac{K_i}{K_s} \cdot p_s \text{ (} i = \overline{1,4} \text{), де } K_s = K_1 + K_2 + K_3 + K_4.$$

Дійсно, тоді

$$\begin{aligned} p_s &= p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = \frac{K_1}{K_s} \cdot p_s + \frac{K_2}{K_s} \cdot p_s + \frac{K_3}{K_s} \cdot p_s + \frac{K_4}{K_s} \cdot p_s = \\ &= \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4}{K_s} \cdot p_s = \frac{K_s}{K_s} \cdot p_s = p_s \end{aligned}$$

Таким чином потрібно визначити ймовірність  $p_s$  шляхом статистичних досліджень. Може бути кілька шляхів.

Нехай  $\Pi_s$  – прибуток банку (або оборотний капітал) за деякий період, а  $V_s$  – реальні або можливі втрати прибутку (чи зменшення оборотного капіталу) за цей же період. Тоді статистична ймовірність може бути визначена як  $p_s = \frac{V_s}{\Pi_s}$

Якщо  $N_s$  – сумарна кількість операцій по всіх факторах ризику за деякий період, а  $N_r$  – кількість операцій, по яких були загрози власності банку, то  $p_s = \frac{N_r}{N_s}$ .

Нехай  $p_{ti}$  – статистична ймовірність втрати прибутку в  $i$ -й день спостереження

$$(0 \leq p_{ti} \leq 1), \text{ а } N_t \text{ – кількість днів спостереження, то } p_s = \frac{\sum_{i=1}^{N_t} p_{ti}}{N_t}.$$

Інші підходи визначення статистичної ймовірності  $p_s$ .

Нехай  $A_i$  – подія, яка полягає в тому, що реалізується  $i$ -й фактор ризику.

Тоді можуть бути реалізовані такі події

$$\begin{aligned} B_1 &= A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4, & B_2 &= A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot \overline{A_4}, & B_3 &= A_1 \cdot A_2 \cdot \overline{A_3} \cdot A_4, & B_4 &= A_1 \cdot A_2 \cdot \overline{A_3} \cdot \overline{A_4}, \\ B_5 &= A_1 \cdot \overline{A_2} \cdot A_3 \cdot A_4, & B_6 &= A_1 \cdot \overline{A_2} \cdot A_3 \cdot \overline{A_4}, & B_7 &= A_1 \cdot \overline{A_2} \cdot \overline{A_3} \cdot A_4, & B_8 &= A_1 \cdot \overline{A_2} \cdot \overline{A_3} \cdot \overline{A_4}, \\ B_9 &= \overline{A_1} \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4, & B_{10} &= \overline{A_1} \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot \overline{A_4}, & B_{11} &= \overline{A_1} \cdot A_2 \cdot \overline{A_3} \cdot A_4, & B_{12} &= \overline{A_1} \cdot A_2 \cdot \overline{A_3} \cdot \overline{A_4}, \\ B_{13} &= \overline{A_1} \cdot \overline{A_2} \cdot A_3 \cdot A_4, & B_{14} &= \overline{A_1} \cdot \overline{A_2} \cdot A_3 \cdot \overline{A_4}, & B_{15} &= \overline{A_1} \cdot \overline{A_2} \cdot \overline{A_3} \cdot A_4, & B_{16} &= \overline{A_1} \cdot \overline{A_2} \cdot \overline{A_3} \cdot \overline{A_4}. \end{aligned}$$

Якщо позначити  $q_i = 1 - p_i$  ( $i = \overline{1,4}$ ), то ймовірності подій  $B_i$  тоді будуть

$$\begin{aligned}
 h_1 &= p(B_1) = p(A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4) = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4, \\
 h_2 &= p(B_2) = p(A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot \overline{A_4}) = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot q_4, \\
 h_3 &= p(B_3) = p(A_1 \cdot A_2 \cdot \overline{A_3} \cdot A_4) = p_1 \cdot p_2 \cdot q_3 \cdot p_4, \\
 h_4 &= p(B_4) = p(A_1 \cdot A_2 \cdot \overline{A_3} \cdot \overline{A_4}) = p_1 \cdot p_2 \cdot q_3 \cdot q_4, \\
 h_5 &= p(B_5) = p(A_1 \cdot \overline{A_2} \cdot A_3 \cdot A_4) = p_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot p_4, \\
 h_6 &= p(B_6) = p(A_1 \cdot \overline{A_2} \cdot A_3 \cdot \overline{A_4}) = p_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot q_4, \\
 h_7 &= p(B_7) = p(A_1 \cdot \overline{A_2} \cdot \overline{A_3} \cdot A_4) = p_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot p_4, \\
 h_8 &= p(B_8) = p(A_1 \cdot \overline{A_2} \cdot \overline{A_3} \cdot \overline{A_4}) = p_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot q_4, \\
 h_9 &= p(B_9) = p(\overline{A_1} \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4) = q_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4, \\
 h_{10} &= p(B_{10}) = p(\overline{A_1} \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot \overline{A_4}) = q_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot q_4, \\
 h_{11} &= p(B_{11}) = p(\overline{A_1} \cdot A_2 \cdot \overline{A_3} \cdot A_4) = q_1 \cdot p_2 \cdot q_3 \cdot p_4, \\
 h_{12} &= p(B_{12}) = p(\overline{A_1} \cdot A_2 \cdot \overline{A_3} \cdot \overline{A_4}) = q_1 \cdot p_2 \cdot q_3 \cdot q_4, \\
 h_{13} &= p(B_{13}) = p(\overline{A_1} \cdot \overline{A_2} \cdot A_3 \cdot A_4) = q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot p_4, \\
 h_{14} &= p(B_{14}) = p(\overline{A_1} \cdot \overline{A_2} \cdot A_3 \cdot \overline{A_4}) = q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot q_4, \\
 h_{15} &= p(B_{15}) = p(\overline{A_1} \cdot \overline{A_2} \cdot \overline{A_3} \cdot A_4) = q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot p_4, \\
 h_{16} &= p(B_{16}) = p(\overline{A_1} \cdot \overline{A_2} \cdot \overline{A_3} \cdot \overline{A_4}) = q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot q_4.
 \end{aligned}$$

Можливі втрати від настання події  $B_i$  будуть становити величину  $x_i$ , які в даному випадку будуть становити такі величини

$$\begin{aligned}
 x_1 &= S_1 + S_2 + S_3 + S_4, \quad x_2 = S_1 + S_2 + S_3, \quad x_3 = S_1 + S_2 + S_4, \quad x_4 = S_1 + S_2, \\
 x_5 &= S_1 + S_3 + S_4, \quad x_6 = S_1 + S_3, \quad x_7 = S_1 + S_4, \quad x_8 = S_1, \\
 x_9 &= S_2 + S_3 + S_4, \quad x_{10} = S_2 + S_3, \quad x_{11} = S_2 + S_4, \quad x_{12} = S_2, \\
 x_{13} &= S_3 + S_4, \quad x_{14} = S_3, \quad x_{15} = S_4, \quad x_{16} = 0.
 \end{aligned}$$

Дані події  $B_i$  будуть утворювати повну групу. Дійсно в даному випадку маємо

$$\begin{aligned}
 p\left(\sum_{i=1}^{16} B_i\right) &= \sum_{i=1}^{16} p(B_i) = \\
 &= p(B_1) + p(B_2) + p(B_3) + p(B_4) + p(B_5) + p(B_6) + p(B_7) + p(B_8) + \\
 &\quad + p(B_9) + p(B_{10}) + p(B_{11}) + p(B_{12}) + p(B_{13}) + p(B_{14}) + p(B_{15}) + p(B_{16}) = \\
 &= p_1 p_2 p_3 p_4 + p_1 p_2 p_3 q_4 + p_1 p_2 q_3 p_4 + p_1 p_2 q_3 q_4 + \\
 &\quad + p_1 q_2 p_3 p_4 + p_1 q_2 p_3 q_4 + p_1 q_2 q_3 p_4 + p_1 q_2 q_3 q_4 + \\
 &\quad + q_1 p_2 p_3 p_4 + q_1 p_2 p_3 q_4 + q_1 p_2 q_3 p_4 + q_1 p_2 q_3 q_4 + \\
 &\quad + q_1 q_2 p_3 p_4 + q_1 q_2 p_3 q_4 + q_1 q_2 q_3 p_4 + q_1 q_2 q_3 q_4 = \\
 &= p_1 p_2 p_3 (p_4 + q_4) + p_1 p_2 q_3 (p_4 + q_4) + p_1 q_2 p_3 (p_4 + q_4) + p_1 q_2 q_3 (p_4 + q_4) + \\
 &\quad + q_1 p_2 p_3 (p_4 + q_4) + q_1 p_2 q_3 (p_4 + q_4) + q_1 q_2 p_3 (p_4 + q_4) + q_1 q_2 q_3 (p_4 + q_4) = \\
 &= p_1 p_2 p_3 + p_1 p_2 q_3 + p_1 q_2 p_3 + p_1 q_2 q_3 + q_1 p_2 p_3 + q_1 p_2 q_3 + q_1 q_2 p_3 + q_1 q_2 q_3 = \\
 &= p_1 p_2 (p_3 + q_3) + p_1 q_2 (p_3 + q_3) + q_1 p_2 (p_3 + q_3) + q_1 q_2 (p_3 + q_3) = \\
 &= p_1 p_2 + p_1 q_2 + q_1 p_2 + q_1 q_2 = p_1 (p_2 + q_2) + q_1 (p_2 + q_2) = p_1 + q_1 = 1
 \end{aligned}$$

Припустимо, що статистична ймовірність ризиків для всіх філій банку і банку в цілому становить величину  $p_s = 0,01$ . Тоді для центрального офісу банку, відділення банку і банку в цілому будемо мати ряди розподілу, які відображені відповідно в таблицях 1, 2 і 3.

Таблиця 1 - Ймовірність ризиків для центрального офісу банку

№ п/п	Подія $B_i$	Ймовірність $h_i$	Мож-ливі втрати $x_i$	$h_i \cdot x_i$	$h_i \cdot x_i^2$
1	$B_1$	0,0000000000105	69,56	0,000000000733	0,00000000510108
2	$B_2$	0,0000000098291	66,33	0,000000651965	0,0000432448
3	$B_3$	0,0000000073692	68,86	0,000000507443	0,0000349425
4	$B_4$	0,00000687055	65,63	0,000450914	0,0295593483
5	$B_5$	0,0000000098291	69,33	0,000000681452	0,0000472451
6	$B_6$	0,000009164	66,1	0,000605741	0,040039461
7	$B_7$	0,00000687055	68,63	0,000471526	0,032360801
8	$B_8$	0,006405639	65,4	0,4189288	27,39794416
9	$B_9$	0,0000000016294	4,16	0,0000000067783	0,00000002,81977
10	$B_{10}$	0,00000151914	0,93	0,0000014128	0,00000131391
11	$B_{11}$	0,00000113895	3,46	0,00000394077	0,0000136351
12	$B_{12}$	0,001961881	0,23	0,000244233	0,0000561745
13	$B_{13}$	0,00000151914	3,93	0,00000597023	0,000023463
14	$B_{14}$	0,001416348	0,7	0,000991443	0,00069401
15	$B_{15}$	0,001061881	3,23	0,003429876	0,011078499
16	$B_{16}$	0,99002714	0	0	0
	<b>Сума</b>	<b>1,0000000</b>		<b>0,425135714</b>	<b>27,51193051</b>

Таблиця 2 - Ймовірність ризиків для відділення банку

№ п/п	Подія $B_i$	Ймовірність $h_i$	Мож-ливі втрати $x_i$	$h_i \cdot x_i$	$h_i \cdot x_i^2$
1	$B_1$	0,0000000000105	9,81	0,0000000001030	0,000000001011-5
2	$B_2$	0,0000000241532	9,01	0,00000021762	0,00000196076
3	$B_3$	0,00000000300996	6,21	0,0000000186918	0,000000116076
4	$B_4$	0,0000069199	5,41	0,0000374368	0,000202532
5	$B_5$	0,00000000689341	8,97	0,0000000618339	0,00000055465

6	$B_6$	0,000015848	8,17	0,000129478	0,001057834
7	$B_7$	0,00000197496	5,37	0,0000106058	0,0000569518
8	$B_8$	0,004540441	4,57	0,0207490813	0,094826646
9	$B_9$	0,0000000022908	5,24	0,0000000120038	0,0000000628999
10	$B_{10}$	0,00000526655	4,44	0,0000233835	0,000103823
11	$B_{11}$	0,000000656314	1,64	0,000001076636	0,00000176522
12	$B_{12}$	0,001508867	0,84	0,001267448	0,001064656
13	$B_{13}$	0,00000150309	4,4	0,00000661361	0,0000290999
14	$B_{14}$	0,00345561	3,6	0,012440196	0,044784705
15	$B_{15}$	0,000430636	0,8	0,000344509	0,000275607
16	$B_{16}$	0,990032242	0	0	0
	<b>Сума</b>	<b>1,0000000</b>		<b>0,03501087</b>	<b>0,142406315</b>

Таблиця 3 - Ймовірність ризиків для банку в цілому

№ п/п	Подія $B_i$	Ймовірність $h_i$	Можливі втрати $x_i$	$h_i \cdot x_i$	$h_i \cdot x_i^2$
1	$B_1$	0,00000000000408	96,2954	0,000000000393	0,0000000378442
2	$B_2$	0,00000000847227	88,8435	0,000000752706	0,0000668731
3	$B_3$	0,00000000255854	90,1844	0,00000023074	0,0000208092
4	$B_4$	0,00000531132	82,7325	0,000439419	0,03635428
5	$B_5$	0,00000000550555	92,9339	0,000000511652	0,0000475498
6	$B_6$	0,0000114291	85,4820	0,00097682	0,083514414
7	$B_7$	0,00000345147	86,8229	0,000299666	0,026017892
8	$B_8$	0,007164977	79,3710	0,568691657	45,13764828
9	$B_9$	0,00000000056392	16,9244	0,0000000095440	0,000000161526
10	$B_{10}$	0,00000117066	9,4725	0,0000110891	0,000105041
11	$B_{11}$	0,000000353526	10,8134	0,00000382281	0,0000413374
12	$B_{12}$	0,000733894	3,3615	0,002466983	0,008292765
13	$B_{13}$	0,00000076073	13,5629	0,0000103177	0,000139937
14	$B_{14}$	0,00157918	6,111	0,009650599	0,058974808
15	$B_{15}$	0,000476907	7,45186	0,003553845	0,026482756
16	$B_{16}$	0,990022511	0	0	0
	<b>Сума</b>	<b>1,0000000</b>		<b>0,5861005887</b>	<b>45,37770694</b>

Можна розглядати такі кількісні оцінки ризику:

ризик наявності відповідного фактору, що є саме ймовірністю  $h_i = p(B_i)$ ;

ризик можливих втрат банку при реалізації події  $B_i$ , що виражається в величинах  $x_i$ , або у

відповідних відносних одиницях  $W_i = \frac{x_i}{x_s}$ ;

ціна одиниці фактору ризику  $U_i = \frac{x_i}{S(B_i)}$ .

В даному випадку  $x_s = \sum_{i=1}^{16} x_i$ ,  $S(B_i)$  – це можливі втрати банку від настання події  $B_i$ . Для даних рядів розподілу маємо

$$\begin{aligned} K(B_1) &= K_1 + K_2 + K_3 + K_4, & K(B_2) &= K_1 + K_2 + K_3, & K(B_3) &= K_1 + K_2 + K_4, & K(B_4) &= K_1 + K_2, \\ K(B_5) &= K_1 + K_3 + K_4, & K(B_6) &= K_1 + K_3, & K(B_7) &= K_1 + K_4, & K(B_8) &= K_1, \\ K(B_9) &= K_2 + K_3 + K_4, & K(B_{10}) &= K_2 + K_3, & K(B_{11}) &= K_2 + K_4, & K(B_{12}) &= K_2, \\ K(B_{13}) &= K_3 + K_4, & K(B_{14}) &= K_3, & K(B_{15}) &= K_4, & K(B_{16}) &= 0. \end{aligned}$$

Аналіз даних таблиць 1, 2, 3 дозволяє зробити такі висновки.

Можна проаналізувати величину ризику кожного фактору. В даному випадку найбільшу ймовірність має подія (крім події  $B_{16}$ )  $B_8$ . Це подія, коли реалізується фактор ризику 1 і не реалізуються інші фактори ризику. Це співпадає з висновками зробленими по моделі № 1. В даному випадку маємо ( $h_8 = 0,00640564$  для центрального офісу,  $h_8 = 0,00454044$  для відділення банку та  $h_8 = 0,00716498$  для банку в цілому). Найменшу ймовірність має подія  $B_1$ , тобто поєднання всіх факторів ризику ( $h_1 = 1,05425 \cdot 10^{-11}$  для центрального офісу банку,  $h_1 = 1,0506 \cdot 10^{-11}$  для відділення банку та  $h_1 = 4,08121 \cdot 10^{-12}$  для банку в цілому).

Аналіз відносних можливих втрат показує, що найбільші втрати можливі для події  $B_1$ , коли реалізуються всі фактори ризику (що є очевидним).

Ціна одиниці фактору ризику для центрального офісу найбільша для події  $B_8$  (3,6333 млн.г.о.), а для відділення банку та банку в цілому найбільша для події  $B_{15}$  (0,4 млн.г.о. та 0,5732 млн.г.о. відповідно).

На основі даних таблиць 1, 2, 3 можемо розрахувати математичне сподівання очікуваних збитків.

В результаті маємо математичне сподівання для центрального офісу банку

$$M_1(X) = \sum_{i=1}^{16} h_i \cdot x_i = 0,4251 \text{ млн. г.о.}$$

Для відділення банку математичне сподівання складатиме величину

$$M_2(X) = \sum_{i=1}^{16} h_i \cdot x_i = 0,0350 \text{ млн. г.о.,}$$

а для банку в цілому математичне сподівання математичне сподівання становитиме величину

$$M_3(X) = \sum_{i=1}^{16} h_i \cdot x_i = 0,5861 \text{ млн. г.о.,}$$

Як і для моделі № 1 для обчислення дисперсії використовуємо формулу -

$$D(X) = M(X^2) - M^2(X)$$

На основі даних таблиці 1 можемо обчислити дисперсію для центрального офісу банку

$$D_1(X) = M_1(X^2) - M_1^2(X) = 27,5119 - (0,4251)^2 = 27,3312$$

На основі даних таблиці 2 можемо обчислити дисперсію для відділення банку

$$D_2(X) = M_2(X^2) - M_2^2(X) = 0,1424 - (0,0350)^2 = 0,1412$$

На основі даних таблиці 3 можемо обчислити дисперсію для банку в цілому

$$D_3(X) = M_3(X^2) - M_3^2(X) = 45,3777 - (0,5861)^2 = 45,0319$$

Тоді середнє квадратичне відхилення для центрального офісу буде

$$\sigma_1(X) = \sqrt{D_1(X)} = \sqrt{27,3312} = 5,2279,$$

для відділення офісу складе величину

$$\sigma_2(X) = \sqrt{D_2(X)} = \sqrt{0,1412} = 0,3757,$$

а для банку в цілому матимемо величину

$$\sigma_3(X) = \sqrt{D_3(X)} = \sqrt{45,0342} = 6,7108,$$

Дисперсія та середнє квадратичне відхилення показують мінливість випадкових величин відносно математичних сподівань  $M_1(X)$ ,  $M_2(X)$  та  $M_3(X)$  для розглядуваних структурних відділень банку

Дисперсія та середнє квадратичне відхилення показують мінливість випадкових величин відносно математичних сподівань  $M_1(W)$ ,  $M_2(W)$  та  $M_3(W)$  для розглядуваних структурних відділень банку

Розрахуємо коефіцієнт варіації на основі обчислених значень математичного сподівання та середнього квадратичного відхилення.

Для центрального офісу банку будемо мати наступне значення коефіцієнту варіації

$$\gamma_1 = \frac{\sigma_1(X)}{M_1(X)} \cdot 100\% = \frac{5,2279}{0,4251} \cdot 100\% = 1229,71\% ,$$

Відповідно для відділення банку отримаємо значення коефіцієнту варіації

$$\gamma_2 = \frac{\sigma_2(X)}{M_2(X)} \cdot 100\% = \frac{0,3757}{0,0350} \cdot 100\% = 1073,21\% ,$$

Для банку в цілому будемо мати таке значення коефіцієнту варіації

$$\gamma_3 = \frac{\sigma_3(X)}{M_3(X)} \cdot 100\% = \frac{6,7108}{0,5861} \cdot 100\% = 1144,97\%$$

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.** Модель управління операційним ризиком в діяльності комерційного банку може бути використана для попереднього аналізу різних факторів ризику як по різних філіям банку, так і по банку в цілому. При цьому такий порівняльний аналіз дозволяє виділити найбільш небезпечні фактори ризику і так звану ціну одиниці фактору ризику.



## Бібліографічний список

- Вітлінський В.В., Великоіваненко Г.І.** Ризикологія в економіці та підприємстві: Монографія. – К.: КНЕУ, 2004. – 480 с.
- Жлуктенко В.І., Наконечний С.І.** Теорія ймовірностей і математична статистика: Навч.-метод. Посібник. У 2 ч. – Ч.1. Теорія ймовірностей. – К.: КНЕУ, 2000. – 304 с.
- Івченко І.Ю.** Економічні ризики: Навчальний посібник. Київ: <<Центр навчальної літератури>>, 2004. – 304 с.
- Матвійчик А.В.** Аналіз і управління економічним ризиком. Навч. посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 224 с.
- Шапкин А.С., Шапкин В.А.** Теория риска и моделирование рискованных ситуаций: Учебник. – М.: Издательско-торговая корпорация <<Дашков и К<sup>о</sup>>>, 2005. – 880 с.
- John H. Boyd, Gianni De Nicolo.** The Theory of Bank Risk Taking and Competition Revisited // The Journal of Finance. – 2005. - №3. - 1329 - 1343 p.
- Krishnan C. N. V, P. Ritchen H., Thomson J. B.** Monitoring and Controlling Bank Risk: Does Risky Debt Help? // The Journal of Finance. – 2005. - №1. - 343 - 378 p.
- Lewellen K.** Risk, Reputation, and IPO Price Support // The Journal of Finance. – 2006. - №2. - 613 - 653p.

© Дмитров С.О., Коваленко А.П., 2007

УДК 540.3

### **ШАФОРОСТОВА М.Н. (ДОННТУ) ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЧЕТА ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

*Рассмотрены принципы функционирования системы экологического учета на предприятии как составной части корпоративного учета. Показаны направления повышения эффективности функционирования данной системы на основе использования результатов экологического аудита.*

В настоящее время невозможно рассматривать экологические проблемы в отрыве от других направлений деятельности предприятия, организации или региона, так как существует тесная взаимозависимость показателей развития человеческого общества и для принятия рациональных управленческих решений необходим комплексный подход. Для эффективного функционирования предприятия необходимо сбалансированное развитие всех структурных подразделений, которое базируется на рациональной системе учета в каждом подразделении и в целом по корпорации. Экологический учет необходимо рассматривать как один из элементов управленческого учета структурной единицы. Концепция учета природоохранной деятельности, которая рекомендуется для Украины, представлена в виде табл. 1 [1].

На уровне национального счетоводства учет природоохранной деятельности рассматривается как учет, относящийся к физическим запасам природных ресурсов, к стоимостной оценке деградации окружающей среды и соответствующим затратам на природоохранные мероприятия. Управленческий учет, с нашей точки зрения, включает в себя два вида учета: финансовый и статистический. Он осуществляется на уровне структурной единицы и целью данного вида учета является усовершенствование системы менеджмента во всех функциональных подразделениях, в том числе системы экологического менеджмента.

Таблица 1 – Концепция учета природоохранной деятельности

Вид учета природоохранной деятельности	Уровень рассмотрения	Пользователи данных учета	Единица измерения
1. Национальное счетоводство	государство	внешние	натуральные стоимостные
2. Управленческий учет: 2.1. Финансовый учет: 2.1.1. Бухгалтерский 2.1.2. Налоговый учет 2.2. Статистический учет	структурная единица	внешние внутренние	стоимостные  натуральные

Статистический учет включает в себя учет натуральных показателей деятельности структурной единицы (учет объемов ресурсопотребления, повторного использования сырья, объемов загрязнения окружающей среды в результате хозяйственной деятельности). Эти данные являются первичными и собираются непосредственно на хозяйственном субъекте, затем обобщаются и анализируются. Для повышения эффективности управления в этой сфере рекомендуем составлять экологический баланс. Его целью является создание гибкого инструмента управления внутри компании, а также для связи с внешней средой организации. Система должна быть сформирована таким образом, чтобы можно было проводить мониторинг каждой отдельной операционной единицы компании (например, нефтескважины, хранилища, цеха). В табл. 2 представлен пример экологического баланса.

Таблица 2 – Экологический баланс структурной единицы

Показатели	200X		200Y	
	количество	стоимость	количество	стоимость
Ресурсы: $n_1$ $n_2$ $n_n$				
Продукция: $m_1$ $m_2$ $m_n$				
Загрязнители: $v_1$ $v_2$ $v_n$				
<b>ВСЕГО</b>	x		x	

Данные по ресурсам и продукции должны быть в количественном и стоимостном выражении. Количественный учет необходим для: сравнения и согласования с нормативами; снижения объемов выбросов и сбросов в окружающую среду и снижение экологической опасности; подведения баланса объема потребления сырья и готовой продукции; анализ кризисных ситуаций и планирования восстановительных работ.

Стоимостные показатели необходимы для управления текущими затратами и планирования новых инвестиций.

Затраты на охрану окружающей среды классифицируются по их экологическим функциям: охрана воздушной среды и климата; утилизация и захоронение отходов; охрана почв и грунтовых вод; снижение уровня шума и вибрации; охрана природных ландшафтов; исследования в области окружающей среды; восстановление или демонтаж оборудования; другие виды (обучение, административная деятельность и т.д.). Затраты, связанные с аварийными ситуациями, включаются отдельно.

Так как экологический баланс позволяет лишь контролировать материальные и финансовые потоки в определенный промежуток времени, то он является лишь первым этапом экологического отчета. Программы по охране окружающей среды должны быть связаны со всеми аспектами производства: добычей сырья, составом и качеством продукции, общего уровня производственных технологий. Решение в одной сфере производства оказывает экономическое и экологическое воздействие на другие сферы. Релевантная информация является базой для выбора новых технологий в области охраны окружающей среды. На основе этих данных формируется статистическая отчетность хозяйствующего субъекта, территориально-административной единицы и государства в целом. Статистическая отчетность является базой для составления финансовой отчетности, а также используется для анализа деятельности в целях принятия управленческого решения (т.е. используется внутренними пользователями – собственниками и руководством). Таким образом, эффективность управленческого решения в сфере природопользования зависит от эффективности функционирования системы статистического учета. Кроме того, статистическая отчетность предоставляется внешним пользователям – статистическим отделам местных органов исполнительной власти. Эта отчетность в дальнейшем является базой для национального счетоводства.

Финансовый учет необходим для того, чтобы натуральные показатели природопользования выразить в стоимостном выражении. Это позволяет сравнивать показатели природопользования структурных единиц различных отраслей промышленности, разнообразных форм собственности и размеров, т.е. привести их к единому показателю. Кроме того, финансовый учет дает возможность высшему менеджменту экономически обосновывать принимаемые управленческие решения.

Связь между управлением природоохранной деятельностью и экологическим учетом становится особенно очевидной, если следовать принципу «не можешь измерить, не сможешь управлять».

Можно выделить следующие причины, по которым вопросы, связанные с природоохранной деятельностью, целесообразно объединить в корпоративный учет:

счета предприятий должны отражать его отношение к охране окружающей среды, влияние расходов, рисков и обязательств, ответственности, связанных с природоохранной деятельностью, на финансовое положение предприятия;

инвесторы для принятия инвестиционных решений должны располагать информацией по экологическим мероприятиям и расходам, связанным с природоохранной деятельностью;

вопросы, связанные с природоохранной деятельностью относятся к управленческой деятельности, а менеджерам необходимо выявлять и распределять природоохранные затраты таким образом, чтобы продукция была правильно оценена и инвестиционные решения базировались на реальных издержках и выгодах;

предприятия получают определенные преимущества в конкурентной борьбе за клиентов, если докажут, что их товары и услуги предпочтительней с экологической точки зрения; экологический учет – ключ к устойчивому развитию, что включает экоэффективный режим работы, который снижает негативное воздействие предприятия на состояние окружающей среды, одновременно повышая его рентабельность.

Украина переживает период реформирования своей системы учета и принятия Международных стандартов учета – пересмотрен План счетов бухгалтерского учета, состав и

содержание отчетности, внесены изменения в методологию учета. В настоящее время, как видно из таблицы 1, финансовый учет состоит из двух составляющих: бухгалтерского и налогового учета. Показатели, характеризующие природоохранную деятельность, находят свое отражение в следующих основных бухгалтерских формах отчетности: форма № 1 «Баланс» и форма № 2 «Отчет о финансовых результатах». Однако эти формы отчетности носят обобщенный характер, что не позволяет на их основе получить полную информацию по вопросам природопользования и природоохраны. Руководители и бухгалтеры, стремящиеся увеличить объемы финансирования с помощью западных рынков капитала, понимают, что в новых бухгалтерских балансах должна быть представленная информация по экологическим обязательствам, так как ее отсутствие снизит доверие инвесторов к финансовым отчетам. Инвесторы, не располагающие оценкой экологических обязательств, повысят стоимость капитала ввиду повышения риска. Таким образом, экологически значимая информация может стать неотъемлемой частью понятных и достоверных отчетов предприятия, оказывающих очевидное воздействие на состояние окружающей среды. Финансовое благополучие структурной единицы зависит от рационального природопользования – снижение себестоимости продукции за счет повторного использования ресурсов, реализация отходов в качестве сырья для предприятий других отраслей, снижение сумм сборов за загрязнение окружающей среды и т.д. Этого можно добиться при внедрении и развитии системы экологического аудита. С одной стороны, при проведении экологического аудита необходимо иметь достоверную точную релевантную информацию и эту информацию можно получить из данных экологического учета. С другой стороны, экологический аудит позволяет усовершенствовать систему экологического учета путем проведения всесторонней оценки функционирования этой системы и разработки комплекса мероприятий по ее рационализации.

Для этого в процессе экологического аудита рекомендуем изучать внутреннюю отчетность по бухгалтерским счетам:

- по счету 10 «Основные средства» – отражаются данные по машинам, оборудованию, инвентарю природоохранного назначения (к какой группе основных средств относится, стоимость приобретения, дата приобретения, дата ввода в эксплуатацию, срок эксплуатации);
- по счету 13 «Износ основных средств» – отражаются данные по учету амортизации на основные средства природоохранного назначения, методам начисления амортизации;
- по счету 31 «Расчетный счет» – отражаются суммы перечислений экологических сборов, платежей и налогов;
- по счету 65 «Расчеты по социальному страхованию» – отражаются начисления и перечисления взносов в фонд социального страхования на случай временной потери трудоспособности (необходимо вычленив информацию о болезнях, возникших в результате чрезвычайных ситуаций экологического характера), фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве (необходимо выделить данные по выплатам пострадавшим в результате аварий экологического характера)
- по счетам классов 8 и 9 – отражаются суммы начисленных экологических сборов, платежей и налогов.

Однако эти показатели носят обобщенный характер, так как все начисленные экологические налоги, сборы и обязательные платежи на бухгалтерских счетах обобщаются и невозможно вычленив из общей суммы и сразу узнать сумму конкретного платежа. Возникает необходимость в такой системе учета, с помощью которой можно было бы сразу получить искомую величину без дополнительного изучения первичных документов хозяйствующей единицы. Эта информация будет доступна для понимания и анализа не только для специалистов-экологов, а также для руководителей других функциональных подразделений и высшего административного персонала. Совершенствование системы бухгалтерского учета позволит принимать более эффективные управленческие решения в сфере природопользования и охраны окружающей среды. Для этого, считаем необходимым и

возможным, разработать и внедрить форму отчетности, которая включала бы вышеперечисленные данные. Это может быть одной из задач экоаудита, а также позволит более рационально использовать время при проведении последующих экологических аудитов. Подобная информация позволит формировать информационную базу, прослеживать тенденции, устанавливать зависимости, необходимые для принятия управленческих решений.

Если по результатам экологического аудита фирма экоэффективна, целесообразно сообщать результаты своих экологических мероприятий. Финансовое сообщество будет использовать отчеты, содержащие экологические показатели, для оценки будущего движения денежных средств и принятия инвестиционных решений и решений по кредитованию этих предприятий.

Более новая и более сложная сфера экологической отчетности связана с отчетностью по практике управления. Эта сфера отчетности еще основательно не разработана, но представляется многообещающей в тех вопросах, которые касаются проблем управления, особенно в области охраны окружающей среды, т.е. экологического менеджмента. Оно может стать связующим звеном между экологическим управлением и традиционными процедурами принятия решений внутри компании.

Экологический учет и контроль являются в настоящее время динамично развивающимися направлениями деятельности, которые включают в себя финансовый и управленческий учет, отчетность по экологическим показателям, экологический менеджмент и аудит.

Управленческий аудит — это изучение деловых операций с целью выработки рекомендаций по экономичному и эффективному использованию ресурсов, достижению конечного результата и выработке политики компании; это определение недостатков (возможности развития) в используемых управленческих технологиях и определение отсутствующих элементов управленческих технологий с позиции их необходимости для максимального уровня долгосрочной эффективности организации. В категорию управленческого аудита может вместиться все разнообразие направлений форм аудита, в том числе финансовый и экологический. Это определяется системностью осуществляемой организацией деятельности и управления ею, как объектов аудиторского исследования; подконтрольностью системе управления всех сторон функционирования организации. В ходе полномасштабного управленческого аудита полностью диагностируется система эффективности осуществляемой управляемой и управляющей деятельности.

Направления управленческого аудита могут быть очень разнообразными. Современная ситуация в области управления в Украине требует первоочередного внимания к проблемам управленческих технологий в целом, формирования и использования ресурсного потенциала организаций (материальных, сырьевых и трудовых ресурсов). Хотя экологический аудит можно рассматривать как отдельное направление аудита и ставить конкретные цели, все же на сегодняшнем этапе развития общества его необходимо применять в качестве составной части управленческого аудита, так как:

миссия (глобальная цель) экологического аудита состоит в обеспечении потребностей общества в чистой окружающей среде и снижении экологической опасности, что необходимо для устойчивого развития общества, и, следовательно, управленческий аудит не может игнорировать данную цель при проведении других направлений аудита;

используемые методы экоаудита (математические и статистические методы экономического анализа, моделирование, функционально-стоимостной, системный и параметрический анализ, причинно-следственный анализ, метод сравнения и т.д.) применимы к любым направлениям управленческого аудита;

для проведения экологического аудита используются те же инструменты сбора информации, что и при любом другом виде аудита (наблюдение, беседы, интервью, использование анкет, отчеты, эксперименты и т.д.);

процедура проведения экологического аудита аналогична процедуре других видов аудита, в том числе управленческого;

совершенствование системы управления природопользованием и охраной окружающей среды (экологического менеджмента) целесообразно рассматривать как составную часть процесса совершенствования всей системы управления административно-территориальной единицы, предприятия, организации и учреждения для эффективного достижения целей;

долгосрочная эффективность развития общества включает как социально-экономические, так и экологические цели, для достижения которых рекомендуется проведение управленческого аудита, включающего финансовый, кадровый, технико-технологический и экологический.

Аудиторы всегда нацелены на сотрудничество с обслуживаемой организацией, и они нацелены на выявление и представление максимально возможного числа недостатков, поскольку каждый недостаток — возможность совершенствования. Перечень недостатков подготавливался на основе сопоставления фактической ситуации с «идеальным» состоянием, как критерием оценки и основой для выявления максимального числа недостатков — возможностей совершенствования.

Результаты первого в истории любого субъекта управленческого аудита (экологического аудита в частности) могут оказать шокирующее воздействие, возможен «эффект вытеснения», когда вскрытое реальное состояние управленческих технологий руководство отказывается видеть. Такое состояние было в Украине при проведении первых финансовых аудитов, так как объем недостатков бухгалтерского учета был достаточно велик. Однако признание во вскрытых аудитором недостатках возможностей оптимизировать работу предприятия позволили переломить ситуацию в технологиях бухгалтерского учета, которые сейчас уже достаточно налажены, а финансовые аудиторы вскрывают лишь частные нарушения. Все чаще финансовые аудиты проводятся на добровольной основе, по желанию руководства и/или собственников.

Появление управленческого аудита ставит перед руководителями новый вызов. Принять его означает добиться долгосрочной эффективности административно-территориальной единицы, предприятия, организации, учреждения; отказ от управленческого аудита повышает риск не использования возможностей оптимизации управленческих технологий и соответственно понижает эффективность системы управления.

### **Библиографический список**

1. Экологический учет для предприятий / Конференция ООН по торговле и развитию. Межправительственная рабочая группа экспертов по международным стандартам учета и отчетности / Пер. с англ. — М.: Финансы и статистика, 1997.

© Шафоростова М.Н., 2007

**АНТОНОВ А.В. (УКРНДІПБ МНС УКРАЇНИ), ДЕРЕВИНСЬКИЙ Д.М. (ІДУ ЦЗ МНС УКРАЇНИ)**

**ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ З НАЯВНІСТЮ ГАЗОВОГО ГОРЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА ТА НАГРІТИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОВЕРХОНЬ У ЗАМКНЕНОМУ ПРОСТОРИ**

*Проанализировано особенности пожарной опасности газокompрессорных станций с наличием газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом. Показана разница в значениях температуры самовоспламенения турбинного масла при определении её стандартным методом и при помощи термогравиметрических исследований. Указаны возможные причины такой разницы и сформулированы основные проблемные вопросы определения пожарной опасности объектов с наличием газовой горючей среды и нагретых технологических поверхностей в замкнутом пространстве.*

Газокompресорні станції, що входять до широкої інфраструктури підприємств транспорту газу є об'єктами підвищеної пожежної небезпеки [1,2]. Пожежі на таких підприємствах характеризуються, насамперед, високою складністю та значними збитками. Окрім прямих збитків, пов'язаних з руйнуванням ГПА, будівель та споруд КС, в результаті пожежі є побічні втрати через зниження продуктивності газопроводу і, як наслідок, припинення подавання газу окремим споживачам [1].

Найбільшу пожежну небезпеку мають такі КС, на яких наявні газоперекачувальні агрегати з газотурбінним приводом (ГПА), що обумовлено особливостями технологічного процесу перекачування газу та їх будови, зокрема, наявністю природного газу, який перекачується нагнітачами під високим тиском, значної кількості турбінної оливи та нагрітих технологічних поверхонь, внаслідок чого в замкненому просторі контейнера ГПА можливе утворення газового горючого середовища.

Під час аварійної зупинки агрегату, зокрема внаслідок пожежі, відбувається автоматичне припинення подавання природного газу, в той час, як турбінна олива продовжує подаватися під високим тиском в систему змащення та охолодження ГПА протягом часу „вибігу” ротору (який складає 15 хв.), і може надходити до зони пожежі.

За вимогами ГОСТ 12.1.004-91 [3], гранично припустимою безпечною температурою нагрівання технологічних поверхонь є температура, яка складає 80% від температури самозаймання горючої речовини. При проектуванні технологічного обладнання та автоматичних установок протипожежного захисту газокompресорних станцій, одним з основних параметрів, на який орієнтовано системи, є температура самозаймання турбінної оливи. У разі виникнення пожежі повинно бути забезпечене флегматизування внутрішнього простору контейнеру ГПА протягом часу, необхідного для охолодження технологічних поверхонь до гранично припустимої безпечної температури. Також відомо, що температура окремих технологічних поверхонь, з якими можуть контактувати турбінна олива та її пари, може значно перевищувати температуру самозаймання.

Як показав досвід експлуатації газотурбінних двигунів, мають місце випадки самозаймання турбінної оливи за температур, нижче ніж 80% від температури самозаймання турбінної оливи.

За результатами термогравиметричних досліджень, що наведено в роботах [4,5], було встановлено, що в замкненому просторі горючого газового середовища з вмістом турбінної оливи ТП-22, її парів та повітря, за температур 230–235 °С відбувається різке прискорення екзотермічної реакції та збільшення швидкості втрати маси оливи, що може бути пояснено досягненням мінімальної температури її самозаймання, яка виявилася понад 100 °С нижчою за температуру самозаймання, визначену стандартним методом за ГОСТ 12.1.044-89 [6].

В роботі [7] було висунуто теоретичне припущення про те, що температура самозаймання горючих речовин, визначена цим методом, не в повній мірі характеризує пожежну небезпеку об'єктів з їх наявністю, що може призводити до помилкових технічних рішень при проектуванні систем протипожежного захисту таких об'єктів за вимогами ГОСТ 12.1.004-91 [3].

За результатами досліджень [4,5,7,8] щодо визначення пожежної небезпеки ГПА, які проводились, за допомогою як стандартизованих, так і не стандартизованих методів дослідження пожежонебезпечних властивостей речовин, матеріалів та середовищ було встановлено, що температура 298 °С, яка дорівнює 80 % від температури самозаймання оливи ТП-22 (372°С), визначеної за ГОСТ 12.1.044-89 [6], і на яку орієнтовано системи протипожежного захисту ГПА, не є гранично припустимою безпечною температурою. У замкненому просторі горючого газового середовища з вмістом оливи ТП-22, її парів та повітря за температур 230–235 °С, які на 142-137 °С нижчі за стандартну температуру самозаймання, відбувається різке прискорення екзотермічної реакції та збільшення швидкості втрати маси оливи, що пояснено її займанням. Під час експлуатації турбінної оливи ТП-22 в системах змащення та охолодження ГПА, значення температури її самозаймання знижується, що може бути наслідком випаровування легких фракцій та змінення її структурно-групового складу. Температури самозаймання важких фракцій оливи мають значення, які понад 100 °С є меншими, ніж стандартна температура самозаймання оливи. Таким чином зниження стандартної температури самозаймання під час експлуатації турбінної оливи ТП-22 в системах змащення та охолодження ГПА в роботі [7] пояснено зміною її структурно-групового складу та молекулярно-масового розподілу. Різниця у температурах самозаймання для оливи та її тяжких фракцій перевищує 100°С. Така залежність температури самозаймання речовини від довжини вуглецевого ланцюга узгоджується із даними, наведеними у роботі Монахова В.Т. [9].

Отримані результати пояснюють зафіксовані факти виникнення горіння за відсутності джерел запалювання в замкненому газовому середовищі з наявністю нагрітої турбінної оливи ТП-22 та її парів за температур, нижчих температури її самозаймання і можуть бути використані під час розроблення окремих технічних рішень при реалізації концептуально-го підходу до стратегії забезпечення протипожежного захисту ГПА.

Переважає більшість речовин і матеріалів, що застосовуються у виробництві, мають складну структуру і за певних умов (наприклад, наявність високих температур в замкненому просторі) такі речовини змінюють свій хімічний склад та структуру. Внаслідок таких змін змінюються і їх фізико-хімічні властивості, зокрема, значення температури самозаймання. Стандартизовані ж методи визначення пожежонебезпечних властивостей речовин та матеріалів орієнтовані на дослідження індивідуальних речовин та матеріалів, тобто тих, що не були в експлуатації та не підпадали під дію високих температур. На практиці ж ми маємо справу з речовинами та матеріалами, які використовуються в технологічних процесах визначений проміжок часу та у жорстких умовах, як то високі температури та тиск.

Виходячи з вищенаведеного слід зазначити, що при визначенні пожежної небезпеки об'єктів з наявністю газових горючих середовищ та нагрітих технологічних поверхонь у замкненому просторі встановлені на сьогоднішній день чинними стандартами нормативні значення вогнегасних та флегматизувальних концентрацій газових вогнегасних речовини відносяться тільки до горючих речовин, які не змінюють свій хімічний склад у діапазоні температур, за яких вони експлуатуються. В інших випадках потрібно враховувати пожежонебезпечні властивості продуктів, на які вона може перетворюватись. Ігнорування цих встановлених фактів може призвести до помилкових технічних рішень під час вибору систем протипожежного захисту об'єктів.

Для адекватної оцінки пожежної небезпеки подібних об'єктів слід застосовувати комплекс фізико-хімічних і розрахункових методів, які враховують змінення пожежонебезпечних властивостей горючих речовин під час їх експлуатації, а також критично переглянути пра-



вomisнiсть застосування, розроблених понад 40 років тому методiв визначення їх пожежо-небезпечних властивостей.

### **Бiблiографiчний список**

**Пустынников С.С.** Противопожарная защита компрессорных станций магистральных газопроводов // Обзорная информация. Серия: Техника безопасности и охрана труда. Выпуск 4. – М.: ВНИИЭГазпром, 1985. – 36 с.

**Тагиев Р.М.** Основные аспекты единой технической политики в области противопожарной защиты объектов ОАО «Газпром» // Средства спасения. Противопожарная защита. Каталог. - М., 2004. – С. 26-29.

**ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ** Пожарная безопасность. Общие требования. - Введ. 01.07.92. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 78 с.

**Деревинський Д.М., Антонов А.В., Гамера А.В., Орел В.П.** Дослiдження умов флегматизування дiоксидом вуглецю замкненого газового середовища з наявнiстю нагритої турбiнної оливи ТП-22 та її парiв // Науковий вiсник УкрНДiПБ. – 2004. № 1(9). – С. 55-64.

**Деревинский Д.Н., Антонов А.В., Орел В.П.** Исследование пожароопасных свойств и условий флегматизации диоксидом углерода газовой горючей среды системы “Турбинное масло ТП-22 (жидкость) – пары масла – нагревающаяся поверхность” // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Сборник тезисов докладов III Международной научно-практической конференции. В 3 т. Т. 1. – Минск., 2005. – С. 240-243.

**ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – Взамен ГОСТ 12.1.044-84; Введ. 01.01.1991. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 143 с.

**Антонов А.В., Деревинський Д.М.** Теоретичнi та експериментальнi дослiдження пожежонебезпечних властивостей системи „турбiнна олива ТП-22 – пари оливи - повітря” // Науковий вiсник УкрНДiПБ. – 2005. № 2(12). – С. \_\_\_\_\_.

**Деревинський Д.М., Антонов А.В.** Удосконалення протипожежного захисту газокompресорних станцiй магiстральних газопроводiв // Живучесть корабля и безопасность на море: Тезисы докладов III науч.-техн. конф. – Севастополь: СВМИ им. П.С. Нахимова, 2005. – С. 78-81.

**Монахов В.Т.** Методы исследования пожарной опасности веществ. – 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1979. – 424 с.

© Антонов А.В., Деревинський Д.М., 2007

**МАЛАШКИНА В.А. ( МГГУ, МОСКВА.)**  
**ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

*Изучен вопрос повышения эффективности использования дегазационных установок угольных шахт за счет расчетов конструктивных параметров и технических характеристик дегазационных установок с учетом гидродинамических особенностей движения влажной метановоздушной смеси по подземному вакуумному дегазационному трубопроводу, определяемых интервалами изменения характерных критериев подобия, обеспечивающих рациональные режимы работы дегазационной установки в пределах границ применимости*

Увеличение глубины разработки угольных месторождений влечет за собой рост выделения метана в горные выработки и выработанные пространства. Этот фактор остается одной из основных проблем безопасности подземной добычи угля.

Повышение эффективности работы систем дегазации имеет важное значение, как для безопасности труда, так и для снижения простоев выемочного комплекса из-за загазованности выработок. Расчет конструктивных параметров и технических характеристик дегазационных установок без учета особенностей транспортирования влажной метановоздушной смеси по подземному вакуумному дегазационному трубопроводу влечет за собой несоответствие ожидаемого и формируемого при последующей эксплуатации гидродинамического режима движения каптируемой метановоздушной смеси, поэтому в настоящее время эффективность работы дегазационных установок угольных шахт значительно меньше проектной. В этих условиях требуется определение рациональных гидродинамических режимов движения метановоздушной смеси по подземному вакуумному дегазационному трубопроводу.

В качестве критериев для определения эффективности транспортирования метановоздушной смеси от скважин на поверхность предлагается использовать числа Рейнольдса и Эйлера / 1 /.

Для выполнения расчетов технических характеристик и конструктивных параметров дегазационных установок при их проектировании, а также для диагностики работы существующих дегазационных установок необходимо прежде всего в каждом рассматриваемом случае определить интервалы изменения критериев подобия, обеспечивающие рациональные режимы работы дегазационной установки в пределах границ применимости.

Расчет конструктивных параметров и технических характеристик дегазационных установок необходимо производить с учетом гидродинамических особенностей движения влажной метановоздушной смеси по вакуумному подземному дегазационному трубопроводу. Выбор рациональных режимов движения влажной метановоздушной смеси по подземному вакуумному дегазационному трубопроводу становится возможным за счет обязательной корректировки расчетных величин диаметров участковых и магистральных трубопроводов по предварительно определенным интервалам критериев гидродинамического подобия, что обеспечивает повышение эффективности работы любой дегазационной установки.

Используя результаты измерений технических характеристик любой действующей дегазационной установки в качестве исходных данных для определения интервалов изменения величин чисел Рейнольдса и Эйлера принято:  $Q_{mc.i}$  – требуемый дебит метана из  $i$ -й скважины, м<sup>3</sup>/мин;  $a_{M i}$  – концентрация метана в каптируемой смеси у скважин, доли ед.;

$B_y$  – требуемое разрежение в устье удаленной скважины, Па. Согласно «Руководству по дегазации угольных шахт»  $B_y$  должно быть не менее 100 мм рт. ст. / 2 /;  $l_{yч i}$  – длина  $i$ -й ветви участкового газопровода, м;  $l_{m i}$  – длина  $i$ -й ветви магистрального газопровода, м;  $Z_i$  – глубина от поверхности до выработки, из которой бурятся скважины, м;  $T$  – температура метановоздушной смеси у устьев скважин, К. Удельные подсосы воздуха в газопровод принимаются согласно рекомендациям «Руководства по дегазации угольных шахт» равными  $\Delta Q = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{мин} \cdot \text{м}$ .  $\Delta$  – эквивалентная шероховатость поверхности стенок труб: пределы изменений от 0,01 мм (при использовании новых труб) до 2,0 мм (трубы после длительной эксплуатации, со следами коррозии) / 3 /.

При рациональном режиме движения влажной метановоздушной смеси величина объемного расхода смеси на любом участке газопровода должна находиться в допустимых пределах:

$$Q_{ci \text{ тр}} \leq Q_{ci} < Q'_{ci}, \quad (1)$$

где  $Q_{ci \text{ тр}}$  – объемный расход метановоздушной смеси на любом участке газопровода при каптировании из скважин требуемой величины объемного расхода метана и при минимальных подсосах воздуха в газопровод,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $Q_{ci}$  – фактический объемный расход каптируемой влажной метановоздушной смеси на любом участке газопровода,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $Q'_{ci}$  – объемный расход метановоздушной смеси на любом участке газопровода с учетом его пропускной способности,  $\text{м}^3/\text{мин}$ .

$$Q'_{ci} = 1,25 Q_{ci \text{ тр}}. \quad (2)$$

Для расчета рациональных параметров влажной метановоздушной смеси, транспортируемой по вакуумному трубопроводу от скважин до вакуум-насосной станции, определяются следующие величины:

объемный расход метановоздушной смеси из  $i$ -й скважины выемочного участка

$$Q_{ciy} = \frac{100 Q_{mc.i}}{a_{mi}}, \quad (3)$$

где  $Q_{ciy}$  – расход метановоздушной смеси из  $i$ -й скважины,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $a_{mi}$  – концентрация метана в каптируемой смеси у скважин, доли ед.

объемный расход метана в  $i$ -м участковом трубопроводе

$$Q_{m.i} = \sum_{i=1}^n Q_{mc.i}, \quad (4)$$

где  $Q_{m.i}$  – объемный расход метана в участковом трубопроводе,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $n$  – количество скважин, из которых каптируемый метан поступает в данный участок трубопровода; допустимые пределы изменения величины объемного расхода метановоздушной смеси в  $i$ -м участковом трубопроводе

$$Q_{c i \text{ тр}} = \sum_{i=1}^n Q_{c i} + \Delta Q_{l \text{ уч } i},$$

$$Q'_{c i} = 1,25 \left( \sum_{i=1}^n Q_{c i} + \Delta Q_{l \text{ уч } i} \right), \quad (5)$$

где  $Q'_{c i}$  - объемный расход метановоздушной смеси на  $i$ -м участковом газопроводе с учетом его пропускной способности, м<sup>3</sup>/мин;  $n$  - количество скважин, из которых каптируемый метан поступает в участковый трубопровод;  
концентрация метана в смеси в  $i$ -м участковом трубопроводе

$$a_{M i} = \frac{100 Q_{M i}}{Q'_{c i}}, \quad (6)$$

где  $a_{M i}$  - концентрация метана в  $i$ -м участковом трубопроводе, %;  
допустимые пределы изменения величины расхода метановоздушной смеси в  $i$ -й ветви магистрального трубопровода

$$Q_{c M i \text{ тр}} = \sum_{i=1}^n Q_{c i \text{ тр}} + \Delta Q_{l M i},$$

$$Q'_{c M i} = 1,25 \left( \sum_{i=1}^n Q'_{c i} + \Delta Q_{l M i} \right), \quad (7)$$

где  $Q_{c M i \text{ тр}}$  - объемный расход метановоздушной смеси в  $i$ -й ветви магистрального трубопровода при каптировании из скважин требуемой величины дебита метана, м<sup>3</sup>/мин;  
 $Q'_{c M i}$  - объемный расход метановоздушной смеси в  $i$ -й ветви магистрального трубопровода с учетом пропускной способности трубопроводной сети, м<sup>3</sup>/мин;  
концентрация метана в смеси в  $i$ -й ветви магистрального трубопровода

$$a_{M i} = \frac{100 \sum_{i=1}^n Q_{M i}}{Q_{c M i \text{ тр}}}, \quad (8)$$

где  $a_{M i}$  - концентрация метана в смеси в  $i$ -й ветви магистрального трубопровода,  $n$  - количество участковых трубопроводов, из которых смесь поступает в  $i$ -ую ветвь магистрального трубопровода;  
начальное давление у скважин в участковом газопроводе, входящем в наиболее протяженную и загруженную ветвь дегазационной системы

$$P_{c1} = P_6 \left( 1 + \frac{g z}{R_B T} \right) - B_y, \quad (9)$$

где  $p_{c1}$  – начальное давление в участковом газопроводе у скважин, Па;  $p_6$  – барометрическое давление на поверхности шахты, Па;  $g$  – ускорение свободного падения,  $m/s^2$ ;  $Z$  – глубина от поверхности до выработки, из которой бурятся скважины, м;  $R_B$  – газовая постоянная воздуха, Дж/кг·К;  $T$  – температура шахтной атмосферы в районе расположения скважин, К;  $B_y$  – разрежение в устье удаленной скважины в наиболее протяженной и загруженной ветви газопровода, Па.

Абсолютное давление метановоздушной смеси на выходе любого участка трубопровода

$$p_2 = p_1 - \Delta p'_i, \quad (10)$$

где  $p_2$  – давление смеси на выходе любого участка газопровода, Па;  $p_1$  – давление метановоздушной смеси на входе в участок, а также начальное давление в участковом трубопроводе у скважин ( $p_{c1}$ ), Па;  $\Delta p'_i$  – удельные потери давления на  $i$ -м участке трубопровода, начиная от скважин.

Допустимые пределы величины массового расхода влажной метановоздушной смеси на любом участке трубопровода

$$Q_{mi} = Q_{ci_{тр}} \rho_2, \quad (11)$$

$$Q'_{mi} = Q'_{ci} \rho_2, \quad (12)$$

где  $Q_{mi}$  – массовый расход метановоздушной смеси на любом участке газопровода при каптировании из скважин требуемой величины дебита метана, кг/мин;  $Q'_{mi}$  – массовый расход метановоздушной смеси на любом участке газопровода с учетом пропускной способности трубопроводной сети, кг/мин;  $\rho_2$  – плотность влажной метановоздушной смеси в конце участка,  $kg/m^3$ ;  $Q_{ci_{тр}}$  – объемный расход метановоздушной смеси на любом участке газопровода при каптировании из скважин требуемой величины объемного расхода метана,  $m^3/мин$ .

Величина эквивалентного диаметра любого участка газопровода с учетом пропускной способности, коэффициент сопротивления этого участка и критерии Рейнольдса и Эйлера, характеризующие гидродинамический режим движения влажной метановоздушной смеси по участку газопровода, определяются системой уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d_i} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \\ d_i = \sqrt[5]{\frac{1,62 Q_{mi}^2 R_1 T_i l_i \lambda}{p_1^2 - p_2^2}} \\ Re = 3,75 \cdot 10^4 a_{M_2}^{-0,03} Q'_{c_2} p_2^{-0,09} T_2^{-0,4} d_i^{-1,0} \\ Eu = 2553 a_{M_2}^{0,32} Q'_{c_2}{}^{-1,96} (p_1 - p_2)^{0,99} d_i^{3,91} \end{array} \right. , \quad (13)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения (коэффициент Дарси);  $\Delta$  – эквивалентная шероховатость поверхности стенок труб, м;  $d_i$  – эквивалентный диаметр любого участка газопровода с учетом его пропускной способности, м;  $R_1$  – газовая постоянная влажной метановоздушной смеси, Дж/кг·К;  $Re$  – критерий Рейнольдса;  $Eu$  – критерий Эйлера;  $Q'_{c_2}$  – объемный расход метановоздушной смеси на выходе любого участка газопровода с учетом пропускной способности трубопроводной сети, м<sup>3</sup>/мин;  $a_m$  – объемное содержание метана в метановоздушной смеси, доли ед.;  $p$  – абсолютное давление влажной метановоздушной смеси, Па;  $T$  – температура метановоздушной смеси, К;  $d$  – внутренний диаметр трубопровода на любом участке подземного газопровода, м; индексы 1 и 2 соответствуют параметрам каптируемой смеси в начале и конце любого участка трубопровода. Учитывая полученные величины эквивалентных диаметров участков трубопроводной сети и параметров метановоздушной смеси, рассчитанных при условии каптирования из скважин требуемой величины дебита метана, минимальные величины критериев Рейнольдса и Эйлера определяются

$$Re = 3,75 \cdot 10^4 a_{m_2}^{-0,03} Q_{c_{2тр}}^{-0,09} p_2^{-0,09} T_2^{-0,4} d_i^{-1,0}, \quad (14)$$

$$Eu = 2553 a_{m_2}^{0,32} Q_{c_{2тр}}^{-1,96} (p_1 - p_2)^{0,99} d_i^{3,91}, \quad (15)$$

где  $Q_{c_{2тр}}$  – объемный расход метановоздушной смеси в конце любого участка газопровода при каптировании из скважин требуемой величины объемного расхода метана, м<sup>3</sup>/мин. Интервалы для критериев подобия, обеспечивающие рациональные режимы работы дегазационных установок в пределах границ применимости, определяются в зависимости от рассчитанных параметров метановоздушной смеси и конструктивных параметров дегазационной установки. Для удобства использования полученные величины критериев подобия предлагается группировать в зависимости от величин гидравлического диаметра участков газопровода:  $d \leq 0,200$  м;  $0,200 < d \leq 0,300$  м и  $0,300 < d \leq 0,400$  м.

Для наглядности предлагается использовать следующие зависимости:  $Re = f(d)$ ;  $Re = f(Q)$  и  $Eu = f(p_1 - p_2)$ . Интервалы для критериев подобия определяются с помощью программ обработки статистических данных. На рис. 1 представлены рациональные интервалы зависимостей критериев подобия от параметров влажной метановоздушной смеси и гидравлического диаметра газопровода для условий шахты «Северная» ОАО «Воркутауголь», в пределах которых обеспечиваются рациональные режимы работы дегазационной установки. Достоверность полученных зависимостей определяется значительным объемом экспериментов и составляет: для числа Рейнольдса – 5,3 %, для числа Эйлера – 7,6 %. Доля объясненной вариации составила 95 %. При этом пределы изменения содержания метана в метановоздушной смеси составляли: от 0,18 (старые поля) до 1,0 доли ед., а пределы изменения расхода метановоздушной смеси: 0,45...10,77 м<sup>3</sup>/мин.

Результаты корректировки геометрических параметров вакуумного подземного трубопровода дегазационной установки шахты «Северная» ОАО «Воркутауголь» представлены на рис.2.

Для диагностики работы любой существующей дегазационной установки в качестве рекомендации предлагается учитывать, что скопления капельной жидкости в пониженных местах трубопровода характеризуются ростом величин критериев Рейнольдса и Эйлера, и экспериментальные точки в этом случае находятся выше допустимых интервалов чисел подобия. Наличие ненормируемых подсосов воздуха подтверждается увеличением величины числа Рейнольдса и одновременным снижением величины числа Эйлера относительно их рациональных значений. Наличие же совокупности этих недостатков приводит к резкому возрастанию величин чисел подобия на участке.

Изменение величины числа Эйлера в результате уменьшения концентрации метана в смеси для различных диаметров трубопровода неодинаково: чем меньше диаметр трубопровода, тем более интенсивно уменьшается величина числа Эйлера. Это объясняется ростом скорости движения смеси и связанным с этим значительным увеличением сил инерции газового потока по сравнению с увеличением сопротивления вакуумного трубопровода. Кроме того в данной работе приняты удельные подсосы воздуха в газопровод согласно рекомендациям «Руководства по дегазации угольных шахт» равными  $\Delta Q = 1,0 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/мин·м, что на практике не всегда соответствует действительности. Автором предложено определять фактические значения подсосов воздуха в газопровод по методике изложенной в / 4 /.

Таким образом, при проектировании новых и диагностике работы существующих дегазационных установок, а также при вводе в эксплуатацию новых дегазационных участков угольных шахт необходимо обязательно учитывать особенности гидродинамического движения влажной метановоздушной смеси посредством сравнения величин критериев гидродинамического подобия движущихся потоков капируемой смеси по подземному газопроводу с их рациональными интервалами, в пределах которых гарантированно обеспечивается эффективная работа дегазационных установок в имеющихся условиях эксплуатации.

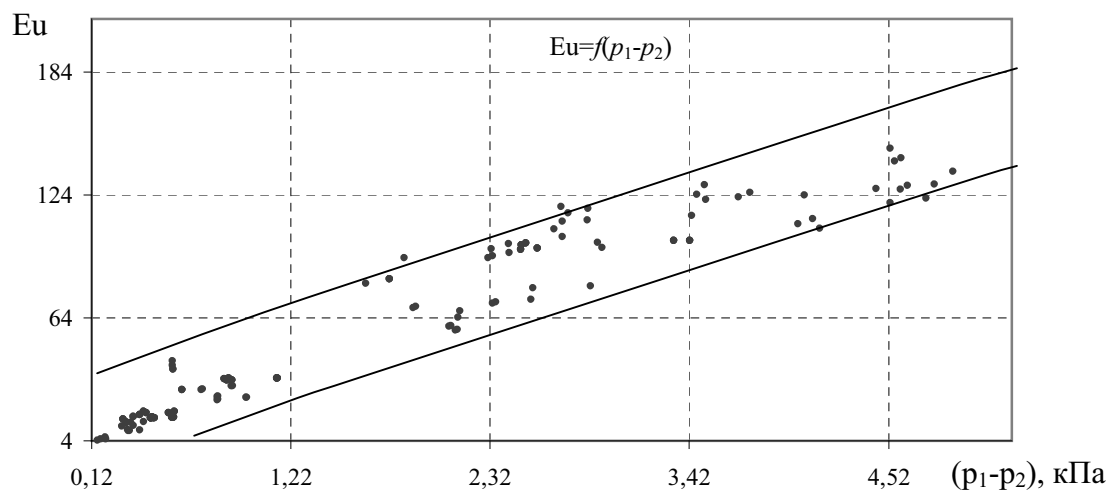
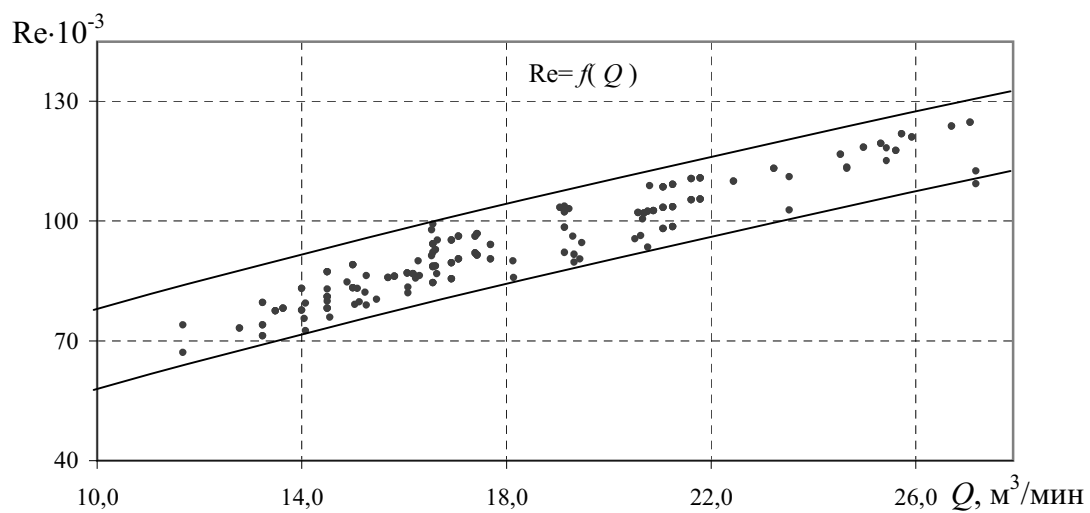
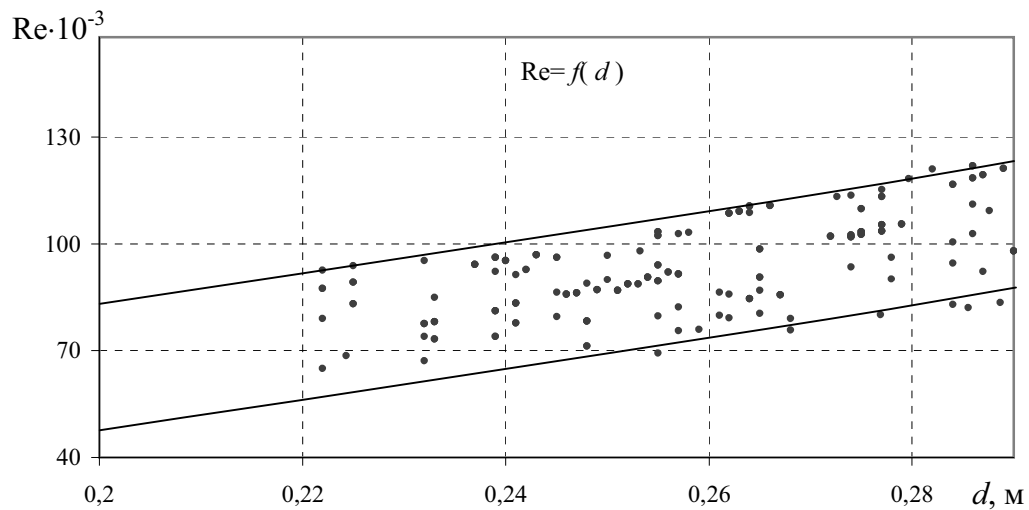
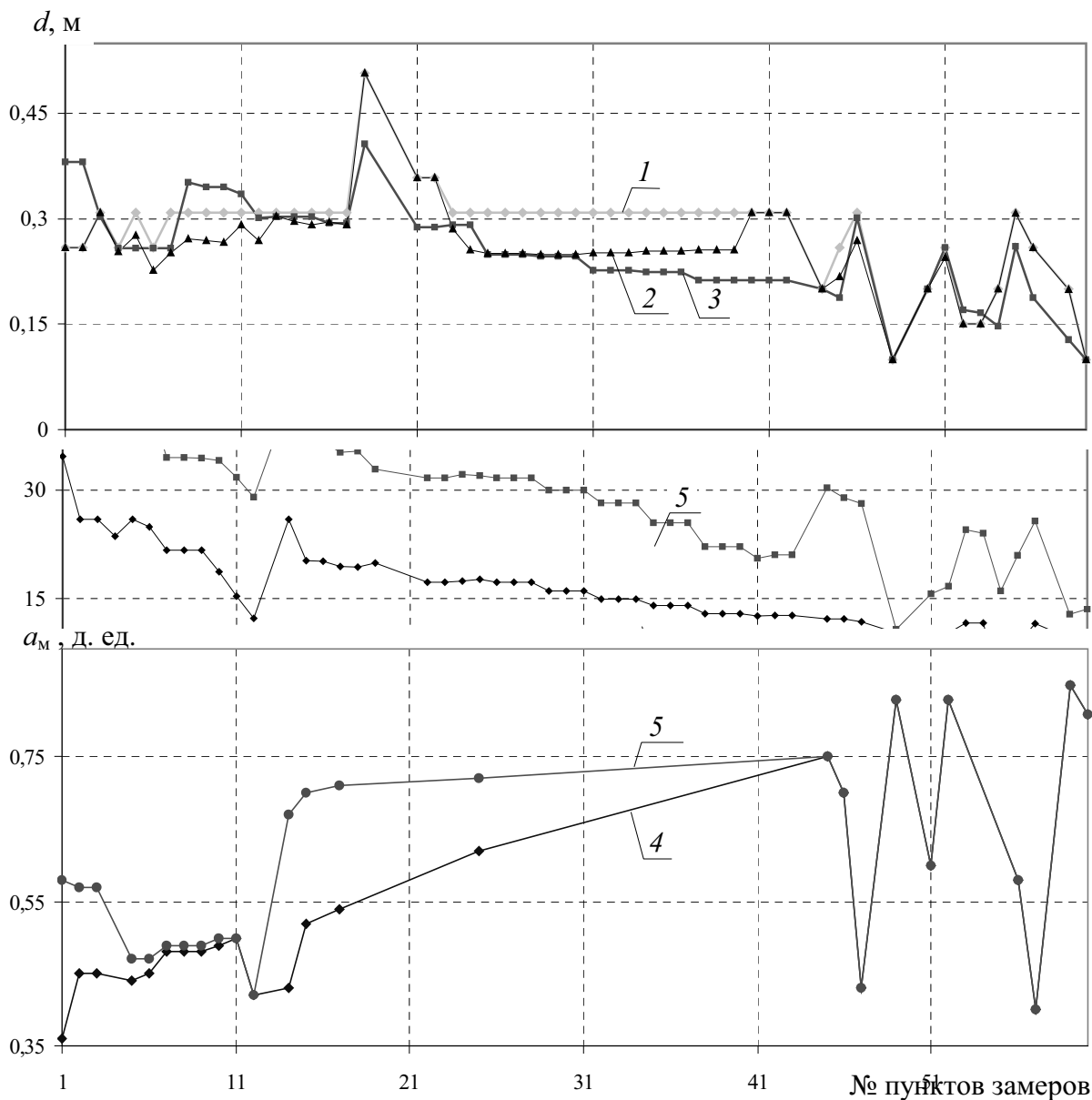


Рис.1. Рациональные режимы движения влажной метановоздушной смеси по вакуумному газопроводу для величин гидравлического диаметра  $0,200 < d \leq 0,300$  м





**Рис. 2.** Фактические значения параметров дегазационной системы и значения, полученные в результате расчета конструктивных параметров дегазационной установки шахты «Северная» по приведенной методике:

1 – фактические значения внутренних диаметров используемых труб, м; 2 – гидравлические диаметры газопровода; 3 – расчетные значения диаметров труб по разработанной методике; 4 – фактические значения параметров каптируемой смеси; 5 – расчетные значения параметров каптируемой смеси

#### Библиографический список

Малашкина В.А., Вострикова Н.А. Исследование закономерностей движения метановоздушной смеси в подземных дегазационных газопроводах угольных шахт. – М.: МГГУ, ГИАБ. – 2004. - № 8.

Руководство по дегазации угольных шахт / АН СССР, Ин-т горного дела им. А.А. Скочинского. – Люберцы, 1990. – 190 с.

Гидравлика и гидропривод / В.Г. Гейер, В.С. Дулин, А.Н. Заря: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1991. – 295 с.

4. Малашкіна В.А. Дегазационные установки: Учеб. пособие. 2-е изд. – М.: Изд-во МГГУ, 2002. – 190 с.

© Малашкіна В.А., 2007

УДК 614.842.615

**КОЗЯР Н.М., КОВАЛИШИН В.В., (ЛДУБЖД МНС УКРАЇНИ), БОРОВИКОВ В.О.,  
АНТОНОВ А.В., (УКРНДІПБ МНС УКРАЇНИ)  
обґрунтування напрямків розроблення зарядів до водяних і водопінних во-  
гнегасників та Установок пожежогасіння**

*Проаналізовано літературні дані та результати експериментальних досліджень щодо впливу модифікуючих добавок на показники якості водних і водопінних речовин. Визначено перспективні напрямки розроблення зарядів до водяних і водопінних вогнегасників та установок пожежогасіння. Обґрунтовано доцільність розроблення нормативних документів, які встановлюють загальні технічні вимоги до них та методи випробувань.*

У роботах [1-4] було проаналізовано якість водяних і водопінних вогнегасників, які використовуються для протипожежного захисту об'єктів різного призначення, та визначено перспективні напрямки підвищення їх ефективності за рахунок покращання показників якості зарядів до них. Зокрема, було показано, що за рахунок введення добавок деяких хімічних речовин можна досягти підвищення вогнегасної ефективності піни, зниження їх корозійної активності і, як наслідок, подовження термінів зберігання та служби технічних засобів пожежогасіння.

Водяні вогнегасники застосовуються для гасіння твердих горючих матеріалів (пожеж класу А, підкласи А1, А2) згідно з ГОСТ 27331 [5]. Спорядження таких вогнегасників робочими розчинами плівкоутворювальних піноутворювачів дає змогу застосовувати їх для гасіння не тільки твердих горючих матеріалів, але і горючих рідин (пожежі класу В, підклас В1 згідно з [5]). Водопінні вогнегасники придатні для гасіння пожеж класів А (підкласи А1, А2) та В (підклас В1) згідно з [5]. Їх заряджають водопінними вогнегасними речовинами на основі піноутворювачів загального чи спеціального призначення (у т. ч. плівкоутворювальними). Вогнегасники можуть оснащуватися насадками для одержання піни низької чи середньої кратності. Як відомо [6], у разі застосування плівкоутворювальних піноутворювачів найбільша ефективність і надійність гасіння водонерозчинних горючих рідин досягається у разі використання обладнання, призначеного для генерування піни низької кратності.

Вода є найпоширенішою вогнегасною речовиною, за статистичними даними, в Україні понад 90% пожеж гасять саме водою. Це зумовлено її високими питомими теплоємністю і теплою пароутворення, низькою вартістю, доступністю, а також відсутністю токсичності. Але, як відомо, воді як вогнегасній речовині притаманний ряд недоліків. Зокрема, через низьку в'язкість вона швидко стікає з поверхонь твердих горючих матеріалів а низька змочувальна здатність не дає воді змоги ефективно змочувати матеріали органічного походження і просочувати їх пори. З цих причин коефіцієнт використання води під час гасіння пожеж має дуже низькі значення. З метою підвищення вогнегасної ефективності води та збільшення коефіцієнту її використання під час гасіння пожеж до неї вводять один або декілька видів добавок [7-15]. Так, додавання піноутворювачів чи змочувальників знижує поверхневий натяг і сприяє проникненню води у пори горючих матеріалів, тобто покращує їх змочування. Змочування пор зумовлює як прискорення ліквідації горіння, так і підвищення ефективності гасіння. Деякі неорганічні солі, потрапляючи разом з водою на

поверхню деревини, пластмас, тканин та інших горючих матеріалів, знижують їх горючість. Іони багатьох солей під час взаємодії з полум'ям діють як інгібітори горіння [16]. Для підвищення в'язкості води та уповільнення процесу її стікання з поверхонь горючих матеріалів до неї можна додавати добавки водорозчинних полімерів, причому ефективність дії цих добавок залежить як від їх природи, так і від середньої молекулярної маси. Комбінування декількох видів добавок в окремих випадках дає змогу знизити витрати води на гасіння у 2-3 рази і більше.

Результати досліджень, спрямованих на підвищення вогнегасної ефективності води та піни за рахунок додавання хімічних речовин вітчизняного виробництва та вогнегасних речовин, наявних на ринку України, наведено також у роботах [16-18]. Зокрема, під час проведення досліджень було виявлено можливість використання піноутворювачів та окремих мінеральних солей, у т. ч. таких, що виробляються в Україні, для підвищення якості водних і водопінних вогнегасних речовин, та запропоновано рецептури ряду таких речовин. З огляду на вищевикладене можна зробити висновок, що для спорядження вогнегасників і стаціонарних установок пожежогасіння, коли немає потреби у терміновому приготуванні водної вогнегасної речовини, можуть використовуватись багатокомпонентні суміші, складові частини яких дають змогу підвищити вогнегасну ефективність води у найбільшій мірі. У такому разі як добавки можуть використовуватись піноутворювачі, неорганічні солі, водорозчинні полімери, інгібітори корозії тощо за умови збереження однорідності водної вогнегасної речовини у процесі тривалого зберігання, у тому числі за низьких температур. Хоча, відповідно до чинних у теперішній час нормативних документів, заряди до вогнегасників підлягають обов'язковій сертифікації в Україні, нормативні документи, які встановлюють вимоги до них, у теперішній час відсутні. Окремі вимоги (відповідність піноутворювачів, вогнегасних порошків, води тощо вимогам відповідних нормативних документів) викладено лише у стандартах на вогнегасники ДСТУ 3675 [19] і ДСТУ 3734 [20]. Отже, існує необхідність розроблення таких нормативних документів. Оскільки загальні підходи до покращання показників якості зарядів до вогнегасників, стаціонарних установок та інших технічних засобів пожежогасіння (насамперед, використання модифікуючих добавок) в цілому однакові, загальні технічні вимоги до них можуть бути поєднані в одному нормативному документі. Так, наприклад, у Росії діють норми пожежної безпеки НПБ 305 [21]. Під час розроблення нормативних документів необхідно брати до уваги як нормовані показники якості вогнегасників, так і досяжний на сьогодні рівень ефективності вогнегасних речовин. Стандарти [19, 20] встановлюють однакові вимоги до водопінних вогнегасників незалежно від складу вогнегасної речовини та конструкції насадка-генератора піни, вони жорсткіші за вимоги [21]. Натомість використання зарядів на основі ряду піноутворювачів загального призначення, які відповідають вимогам [22], у водопінних вогнегасниках не дало змоги погасити модельні вогнища пожежі класу В відповідного рангу, у той час як за допомогою вогнегасників, споряджених робочими розчинами плівкоутворювальних піноутворювачів, які відповідають вимогам [23], такі модельні вогнища погасити вдається. Крім того, у разі використання насадків-генераторів піни середньої кратності у вогнегасниках, споряджених зарядами на основі піноутворювачів загального призначення, гасіння модельних вогнищ пожежі класу А стає проблематичним. Нарешті, загальновідомо, що у разі застосування плівкоутворювальних піноутворювачів надійність гасіння пожеж класу В значно вища, ніж у разі застосування піноутворювачів загального призначення. Отже, перспективним напрямком робіт з розроблення зарядів до водяних вогнегасників і установок водяного пожежогасіння є пошук рецептур водних вогнегасних речовин, які мають вищу порівняно з водою вогнегасну ефективність та мають необхідні для певної сфери застосування показники якості. Залежно від передбачуваних умов застосування технічних засобів пожежогасіння, зарядами до них можуть бути змочувальні розчини піноутворювачів, розчини водорозчинних полімерів, водні розчини солей-інгібіторів горіння, водні вогнегасні речовини з низькою температурою замерзання, а також водні розчини, що містять декілька модифікуючих добавок. Перспективним напрямком робіт з розро-

блення зарядів до водопінних вогнегасників є пошук рецептур вогнегасних речовин, що складаються з води, плівкоутворювальних піноутворювачів, а також інгібіторів корозії. Роботи з розроблення зарядів до установок водопінного пожежогасіння слід проводити у напрямку створення композицій, що складаються з води, піноутворювача загального чи спеціального призначення та модифікуючих добавок, призначених для зниження температури замерзання, зменшення корозійної активності водних розчинів тощо.

Під час проведення робіт з розроблення зарядів до установок водяного та водопінного пожежогасіння передбачається використати результати досліджень, описаних в [1-4, 16-18], а також дослідити вплив модифікуючих добавок на показники якості водних і водопінних вогнегасних речовин на основі піноутворювачів загального та спеціального призначення, які з'явилися в Україні останніми роками.

Вимоги до зарядів до водних і водопінних вогнегасників та установок пожежогасіння передбачається викласти у нормативних документах (наприклад, технічних умовах) на кожен з них. У ці документи буде закладено обов'язкові вимоги до таких показників якості як зовнішній вигляд, маса заряду, водневий показник, температура замерзання і корозійна активність водного розчину, кратність піни низької та (або) середньої кратності, генерованої з нього, чи показник змочувальної здатності (залежно від того, для гасіння пожеж яких класів призначено вогнегасну речовину), а також термін зберігання заряду. Вогнегасну ефективність передбачається перевіряти за тривалістю гасіння макетних вогнищ пожежі класу В піною низької чи середньої кратності за заданої інтенсивності подавання вогнегасної речовини (якщо її призначено для гасіння пожеж класу В згідно з [5]), а також тривалістю гасіння модельних вогнищ пожежі класів А і В у разі застосування випробувального пристрою типу вогнегасника. Під час проведення досліджень передбачається визначити доцільність розроблення національного стандарту, що встановлює обов'язкові вимоги до зарядів до водяних, водопінних вогнегасників і установок пожежогасіння.

## **Библиографический список**

- Застосування карбаміду з метою підвищення вогнегасної ефективності піни / Кісіль Т.Є., Ковалишин В.В., Боровиков В.О., Антонов А.В. // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів, ЛПБ МНС України, 2003, №3. – С. 113-117.
- Зниження корозійної активності робочих розчинів піноутворювачів / Кісіль Т.Є., Ковалишин В.В., Боровиков В.О., Антонов А.В. // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів, ЛПБ МНС України, 2004, №4. – С. 49-55.
- Застосування карбаміду та гідрофосфату амонію з метою покращення показників якості зарядів повітряно-пінних вогнегасників і установок пінного пожежогасіння / Кісіль Т.Є., Боровиков В.О., Білошицький М.В. та ін. // Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал. – К., УкрНДПБ МНС України, 2004, №1(9). – С. 79-90.
- Вплив гідрофосфату амонію на якість зарядів до повітряно-пінних вогнегасників та установок пожежогасіння / Боровиков В.О., Ковалишин В.В., Антонов А.В., Козяр Н.М. // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів, ЛПБ МНС України, 2004, №5. – С. 146-156.
- ГОСТ 27331-87 Пожарная техника. Классификация пожаров.
- Антонов А.В., Боровиков В.О., Білошицький М.В. Дослідження піноутворювача спеціального призначення для гасіння пожеж “ППЛВ-(Універсал)” і розроблення рекомендацій щодо його застосування // Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал – К., УкрНДПБ МНС України, 2001, №4. – С. 37-47.
- Казаков М.В. Применение поверхностно-активных веществ для тушения пожаров. – М.: Стройиздат, 1977. – 56 с.
- Разработка огнетушащего состава на основе фосфорно-аммонийных солей / Арцыбашев Е.С., Лорбербаум В.Т., Пирогова Т.Г., Седина И.Н. // Лесные пожары и борьба с ними. – Л., 1989. – С. 61-69.

Огнезащитное действие бишофита на древесину / Копылов Н.П., Сядук В.Л., Мотин М.А., Яшин В.В. // Пожаротушение: Сб. науч. тр. – М., ВНИИПО МВД СССР, 1983. – С. 92-95.

Тушение древесины водой с низкомолекулярными добавками / Билкун Д.Г., Казаков М.В., Пешков В.В., Пузако М.В. // Теоретические и экспериментальные вопросы пожаротушения: Сб. науч. тр. – М., ВНИИПО МВД СССР, 1982. – С. 99-105.

Огнетушащие свойства воды с добавками высокомолекулярных и низкомолекулярных соединений / Билкун Д.Г., Дубков П.Ф., Моисеенко В.М., Пешков В.В. // Пожаротушение: Сб. науч. тр. – М., ВНИИПО МВД СССР, 1983. – С. 89-92.

Оценка эффективности воды, растворов бишофита и бентонита при локализации пожаров на складах лесопиломатериалов / Копылов Н.П., Доброхотов Н.П., Угорелов В.А., Козулина Л.Г. // Пожаротушение: Сб. науч. тр. – М., ВНИИПО МВД СССР, 1983. – С. 161-166.

Дяглева Л.К., Казаков М.В., Одинец М.В. К вопросу повышения огнегасительной эффективности воды // Процессы горения и проблемы тушения пожаров: Материалы III Всесоюзной научно-технической конференции, Ч. 2. – М., ВНИИПО МВД СССР, 1973. – С. 168-187.

Моисеенко В.М., Дубков П.Ф. Влияние добавок высокомолекулярных соединений на огнетушащие и огнезащитные свойства воды // Теоретические и экспериментальные вопросы пожаротушения: Сб. науч. тр. – М., ВНИИПО МВД СССР, 1982. – С. 106-113.

Казаков М.В., Моисеенко В.М., Одинец М.В. Влияние добавок высокомолекулярных соединений на огнезащитные свойства воды // Пожарная техника и тушение пожаров: Сб. науч. тр. – М., ВНИИПО МВД СССР, 1981. – С. 112-116.

Звіт про науково-дослідну роботу за темою “Провести теоретичні і експериментальні дослідження процесів придушення полум’я вогнегасними речовинами і виявити шляхи підвищення їх ефективності”. Кер. Антонов А.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр. – К., УкрНДПБ МВС України, 1995. – 318 с.

Звіт про науково-дослідну роботу за темою “Провести дослідження по виявленню і реалізації шляхів підвищення ефективності використання водних вогнегасних речовин”. Кер. Антонов А.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр. – К., УкрНДПБ МВС України, 2000. – 264 с.

Звіт про науково-дослідну роботу за темою “Провести пошукові дослідження щодо розробки нових та модернізації існуючих вогнегасних речовин загального і спеціального призначення з використанням сировинної та виробничої бази України”, Ч. I. Кер. Антонов А.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр. – К., УкрНДПБ МНС України, 2003. – 269 с.

ДСТУ 3675-98 зі зміною №1 Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.

ДСТУ 3734-98 (ГОСТ 30612-99) Пожежна техніка. Вогнегасники пересувні. Загальні технічні вимоги.

НПБ 305-2001 Пожарная техника. Заряды к воздушно-пенным огнетушителям и установкам пенного пожаротушения. Общие технические требования и методы испытаний.

ДСТУ 3789-98 Піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.

ДСТУ 4041-2001 Піноутворювачі спеціального призначення, що використовуються для гасіння пожеж водонерозчинних і водорозчинних горючих рідин. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.

Вплив тиску перед піногенератором на піноутворювальну здатність піноутворювачів загального призначення та залежність вогнегасної ефективності піни від її кратності / Антонов А.В., Боровиков В.О., Білошицький М.В. та ін. // Науковий вісник УкрНДПБ: Наук. журнал. – К., УкрНДПБ МВС України, 2002, №1(5). – С. 105-111.

© Козяр Н.М., Ковалишин В.В., Боровиков В.О., Антонов А.В., 2007

**АРТАМОНОВ В. М.(ДОННТУ), КАМУЗ А. М.(СО ДПРНДІ  
"ТЕПЛОЕЛЕКТРОПРОЕКТ" ВАТ "ДОНБАСЕНЕРГО")  
СИСТЕМНЕ ВИЯВЛЕННЯ Й ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ  
ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В УМОВАХ  
КАР'ЄРУ**

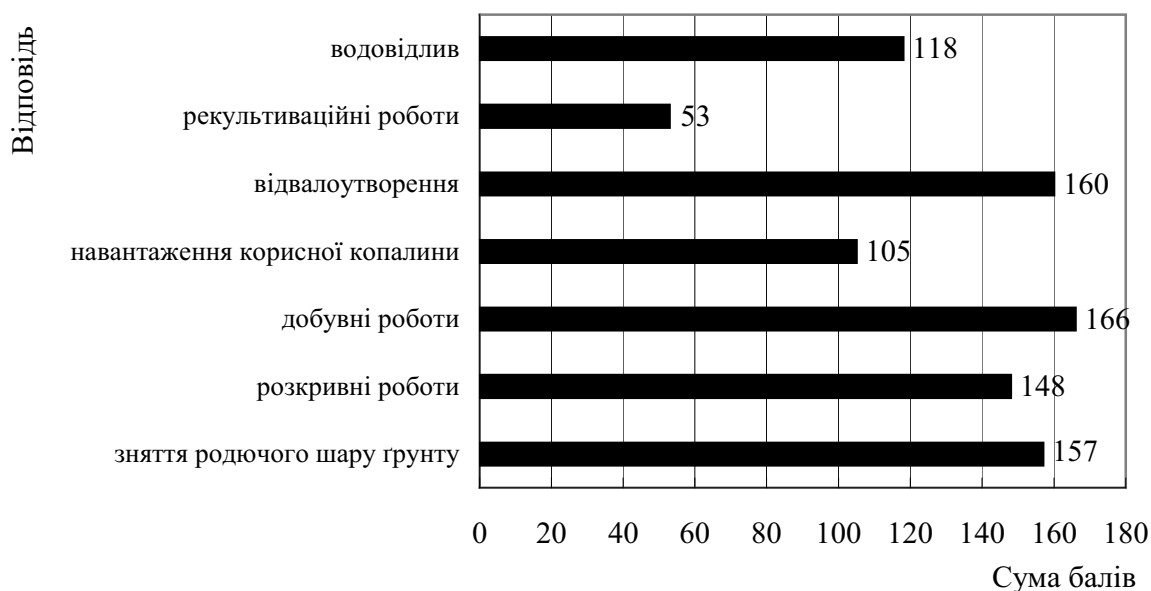
*Розглянуто системний підхід до виявлення й обґрунтування перспективних напрямків охорони навколишнього природного середовища на основі проведення анкетування спеціалістів у сфері екології.*

Традиційно склалося, що у Донбасі велику увагу приділяють проблемам розвитку вугледобувної галузі. Значно менше проводиться досліджень, пов'язаних із відкритими гірничими роботами, в тому числі за питаннями охорони довкілля на кар'єрах. Метою даної роботи було системне вивчення та групування аспектів розвитку відкритої розробки корисних копалин і обґрунтування на основі цього перспективних напрямків охорони навколишнього природного середовища з подальшим їх утіленням у життя.

Із метою виявлення перспективних напрямків охорони природного середовища у сфері відкритих гірничих робіт було проведено соціальне дослідження методом експертної оцінки. Опитування було здійснено серед працівників гірничодобувних підприємств (28 % від загальної кількості опитаних), студентів магістерської підготовки за напрямком «Екологія» (24 %), випускників за цим фахом (9 %), викладачів (9 %) і мешканців населених пунктів, що розташовані неподалік від кар'єрів гірничодобувних підприємств (30 %). Ця вибірка людей може називатися експертами з теми опитування.

Кожне соціальне дослідження починається зі складання програми вивчення об'єкта. Вона містить всебічне обґрунтування методологічних підходів і прийомів вивчення визначеного явища чи процесу. Програма включає методологічну частину – формулювання й обґрунтування проблеми, зазначення мети та задач, визначення предмету, гіпотез і обсягів дослідження. Методична частина охоплює визначення обстеженої сукупності, характеристику використаних методів збору соціальної інформації, логічну схему її обробки за допомогою комп'ютерної техніки. Робочий план дослідження дозволяє заздалегідь сформулювати та підготувати групу збору первинної інформації. Можна також передбачити вибір відповідного місця та часу проведення анкетування, попереднє інформування опитуваних, підготовку інформації на комп'ютерній техніці, аналіз результатів, формулювання висновків і рекомендацій [1, 2].

У першому питанні експерти повинні були оцінити за семибальною шкалою, де 1 – мінімум, 7 – максимум, які технологічні процеси за умови ведення відкритих гірничих робіт наносять найбільшу шкоду навколишньому природному середовищу.



**Рисунок 1** – Технологічні процеси, які наносять найбільшу шкоду довкіллю

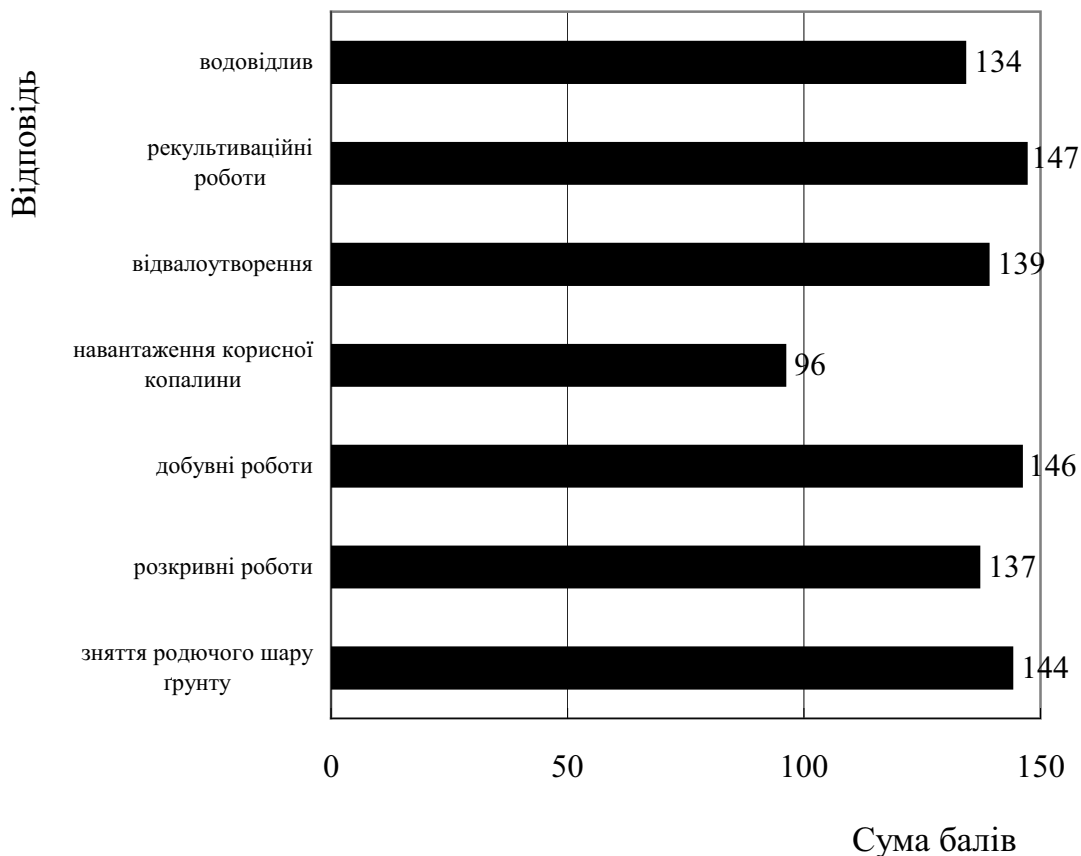
Серед лідерів-відповідей опинилися зразу чотири категорії: добувні роботи (сукупна набрана кількість балів – 166), відвалоутворення (160), зняття родючого шару ґрунту (157), розкривні роботи (148). Природно, що технологічні процеси з рекультивації потрапили в аутсайдери, набравши мінімум балів – приблизно втричі менше, ніж згадані вище (рис. 1).

Добувні роботи вважали найшкідливішими працівники гірничодобувних підприємств, студенти магістерської підготовки за напрямком «Екологія» та мешканці населених пунктів, що розташовані поряд із кар'єрами. А взагалі середній бал від кожної з опитаних соціальних вибірок для даної категорії склав «п'ять» із семи можливих, лише викладачі поставили спільну «четвірку».

Щодо відвалоутворення, одноголосно до найнегативніших його віднесли випускники-екологи та викладачі кафедр природоохоронного спрямування, а також – половина магістрів. Невузівська частина опитаних – ті, хто бачить кар'єри щоденно – в середньому поставила «чотири». Проте й тут погляди різняться. Більш шкідливим процес відвалоутворення бачать усе-таки працівники гірничодобувної галузі: нижче оцінки «три» не було, на відміну від «двійок», що понаставляв простий люд.

Зняття родючого шару ґрунту не знайшло єдності в жодній із соціальних вибірок: у кожній ставили від мінімуму до максимуму. Цікава річ: саме невузівські респонденти, думку яких поділяє автор, частіше вважають даний технологічний процес найбільш негативним для навколишнього природного середовища. Виходить, два взаємопов'язаних процеси – зняття родючого шару ґрунту та відвалоутворення – мають не тільки технологічний, але й соціальний зв'язок.

Спільний бал розкривним роботам від мешканців прилягаючих до кар'єрів населених пунктів – «б», магістрів-екологів і викладачів – «5», новоспечених спеціалістів за напрямком «Екологія» та працівників гірничодобувних підприємств – «3».



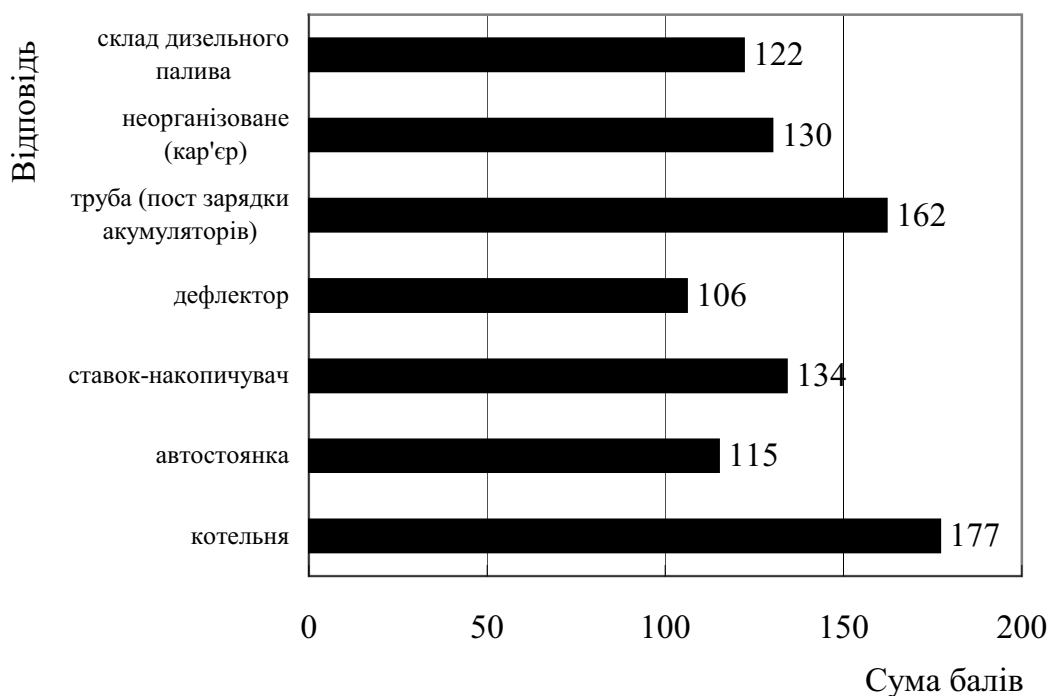
**Рисунок 2** – Технологічні процеси, що потребують першочергової уваги

У наступному питанні експертам за тими ж критеріями з тих же технологічних процесів пропонувалося вибрати ті, які потрібно розвивати (поліпшувати, удосконалювати) в першу чергу. У результаті лише навантаження корисної копалини не удостоїлося належної уваги. Усі інші технологічні процеси респонденти бачать у числі першочергових (рис. 2). Аналіз соціальних поглядів показав: викладачі та випускники ДонНТУ до потребуючих поліпшення в першу чергу відносять відвалоутворення, рекультиваційні та видобувні роботи. Магістри поділяють погляди своїх колег по Альма-матер і вважають також необхідним приділити увагу зняттю родючого шару ґрунту та водовідливу. Більшість працівників гірничодобувної галузі до списку першочергового розвитку відносять рекультивацію; серед них є прихильники покращення таких технологічних операцій, як розкривні роботи, відвалоутворення та водовідливу. Населення найбільше переймається проблемами зняття родючого шару ґрунту та видобувних робіт, а також – рекультивації, розкриття та водовідливу.

Автор повністю згоден із результатами анкетування за даним питанням, проте все ж у першу чергу вважає вартим поліпшення саме рекультиваційної (природоохоронної) складової технології ведення відкритих робіт.

Питання № 3 було сформульоване таким чином: «Які джерела забруднення на гірничодобувному підприємстві впливають на навколишнє природне середовище (оцінити за семибальною шкалою, де 1 – мінімум, 7 – максимум)?». Серед запропонованих відповідей – котельня, автостоянка, ставок-накопичувач, дефлектор, труба викиду шкідливих речовин в атмосферу (пост зарядки акумуляторів), неорганізоване (кар'єр) і склад дизельного палива.





**Рисунок 3** – Джерела забруднення повітря

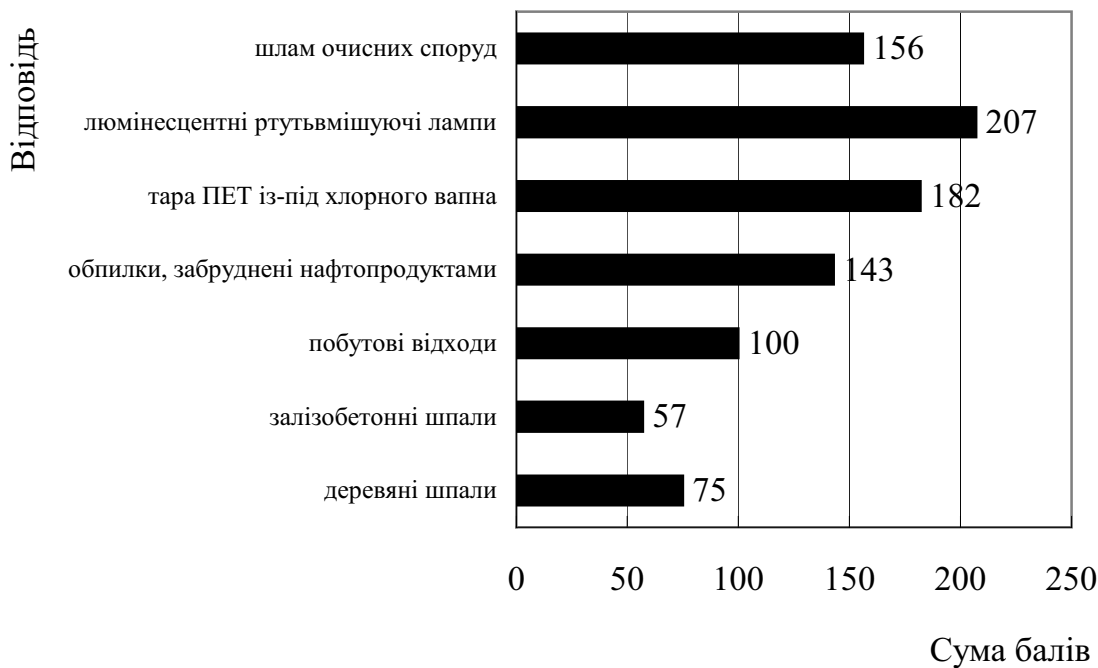
Респонденти до найбільш негативних віднесли котельню (що повністю співпадає з думкою автора), наділивши цей варіант відповіді 177 балами, та трубу викиду шкідливих речовин в атмосферу від посту зарядки акумуляторів (162 бали). Явних аутсайдерів, як у двох попередніх питаннях, не виявлено. Нижче сукупних ста балів не отримало жодне з джерел забруднення повітря (рис. 3).

Серед опитаних котельню до найнегативніших джерел забруднення навколишнього природного середовища відносять 20 % мешканців найближчих до гірничодобувних підприємств населених пунктів, третина викладачів, така ж частина працівників кар'єрів, половина магістрів і абсолютно всі випускники вузу.

Проти варіанту відповіді «Труба викиду шкідливих речовин в атмосферу (пост зарядки акумуляторів)» оцінку сім поставили 50 % жителів, що найбільше відчувають на собі вплив цього джерела забруднення, 13 % магістрів і 11 % зайнятих у сфері відкритих гірничих робіт. Дві інші соціальні вибірки жодної «сімки» не намалювали. Випускники давали 5–6 балів, викладачі – 1–5.

Серед останніх до найбільш несприятливих джерел забруднення потрапили автостоянка, котельня, ставок-накопичувач. Працівники галузі, магістри та мешканці найближчих населених пунктів до вказаного переліку додали кар'єр (неорганізоване джерело).

У наступному питанні респондентам за вже звичною градацією пропонувалося вказати на найбільш небезпечні відходи виробництва. Відповіді розташувалися наступним чином: відпрацьовані люмінесцентні ртутьвміщуючі лампи (перший клас безпеки) – 207 балів, тара поліетиленова (ПЕТ) з-під хлорного вапна (третій) – 182, шлам очисних споруд (четвертий) – 156, обпилки, забруднені нафтопродуктами (другий) – 143, побутові відходи (четвертий) – 100, відпрацьовані залізничні дерев'яні шпали (третій) – 75 і відпрацьовані залізничні залізобетонні шпали (четвертий) – 57 (рис. 4).



**Рисунок 4 – Небезпечні відходи**

Як бачимо, експерти не завжди розподіляють відходи за класами небезпеки.

Перший, до якого відносяться відпрацьовані люмінесцентні ртутьвміщуючі лампи, лякає всіх. «Максимум» їм поставили дві третини всіх опитаних: 88 % – магістри, 70 % – пересічні громадяни, по 67 % – випускники та викладачі ДонНТУ та 33 % – працівники видобувних підприємств.

Автор цілком згоден із більшістю, бо саме люмінесцентні лампи є найтоксичнішим, а тому найнебезпечнішим із відходів.

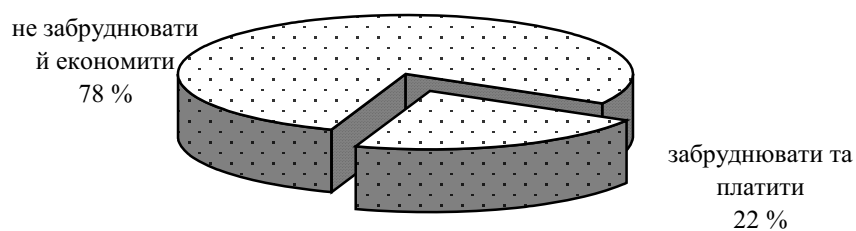
А обпилки, забруднені нафтопродуктами, що належать до другого класу небезпеки, вважають менш шкідливими, ніж деякі відходи третього та четвертого класів. «Сімкою» відходи, забруднені нафтопродуктами, не наділив жоден респондент. Найчастіше цей варіант відповіді відмічали «четвіркою» (46 % всіх відповідей), рідше «п'ятіркою» (24 %) та «шісткою» (18 %).

Тож, на другому місці, відстаючи на 25 пунктів, опинився відхід третього класу небезпеки тара поліетиленова з-під хлорного вапна. Середній бал для ПЕТ від магістрів і населення – «5», від інших соціальних верств – «6».

Приблизно з таким же відривом – 26 балів – від попереднього на третьому місці опинився шлам очисних споруд. Високі бали – «шістки» та «сімки» проти цього відходу четвертого класу ставили більшість мешканців гірничодобувних регіонів і випускників за фахом «Екологія». Працівники галузі частіше всього оцінювали небезпечність шламу у п'ять балів, магістри-екологи – у чотири.

Значно відстав відхід третього класу небезпеки відпрацьовані залізничні дерев'яні шпали. Найкраще розуміються на його негативному впливі на довкілля службовці та робітники кар'єрів (22 % оцінок вище «5»), студенти магістерської підготовки (13 %) і жителі прилягаючих населених пунктів (10 %). Проте й у цих соціальних вибірках дуже поширеними є бали «один» і «два» (67 %, 63 % і 60 % від загальної сукупності оцінок відповідно).

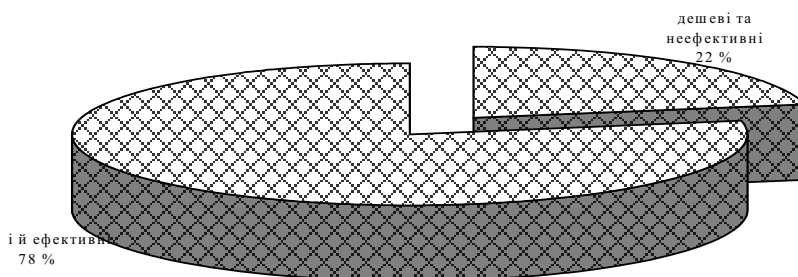
На п'яте запитання були запропоновані дві альтернативні відповіді: або забруднювати навколишнє природне середовище та за це сплачувати штрафи, або не забруднювати й у такий спосіб заощаджувати. Переважна більшість (78 %) респондентів вибрали другий варіант, із яким не можна не погодитися (рис. 5).



**Рисунок 5** – Вибір еколого-економічного розвитку

Не забруднювати й економити хочуть усі опитані випускники та викладачі, 88 % магістрів, четверо з п'яти простих мешканців і половина гірників.

У наступному питанні загальний розподіл має такий же вигляд, як і в попередньому: 78 % до 22 % – більшості до вподоби використання дорогих і екологічно ефективних технологічних процесів і обладнання (рис. 6).



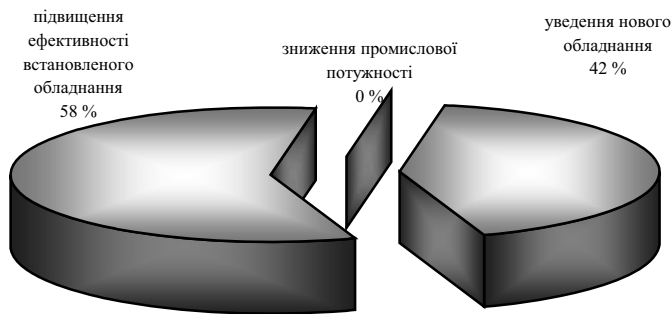
**Рисунок 6** – Вибір технологічних процесів та обладнання

Автор повністю підтримує в цьому питанні більшість.

Серед соціальних груп платити за ефективні екологічні технології готові знов-таки всі опитані випускники та викладачі, 90 % простого населення, 88 % магістрів-екологів і 44 % промисловців.

У питанні № 7 експертам пропонувалося вибрати один із способів зниження навантаження на навколишнє природне середовище. Жоден із респондентів не бажає використовувати екстенсивний прийом "зниження виробничої потужності". Більше половини (58 %) вважають, що результату можна досягти шляхом підвищення ефективності вже встановленого на підприємстві очисного обладнання. Решта виступає за варіант уведення в дію нового устаткування, що співпадає з думкою автора (рис. 7).

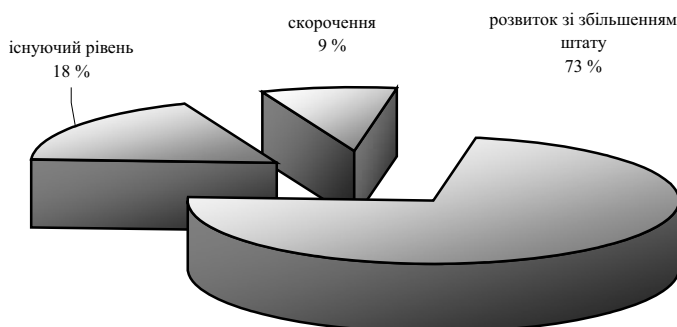
Серед прихильників установа нового очисного обладнання – викладачі (100 % опитаних із цієї соціальної вибірки), випускники-екологи (67 %) та населення гірничодобувних регіонів (60 %). За підвищення ефективності працюючих установок одностайно проголосували магістри, а також 67 % працівників гірничої промисловості.



**Рисунок 7** – Вибір способу зниження навантаження на довкілля

Тож, із аналізу трьох вищезгаданих питань випливає, що вузівські респонденти підходять до питання балансування економіки та екології більш оптимістично, а безпосередньо заняті в галузі згодні заощаджувати на нововведеннях природоохоронного спрямування.

Наступне питання стосувалося розвитку екологічної служби гірничодобувного підприємства. Більшість опитаних (73 %) віддають перевагу варіанту розвитку екологічної служби (зі збільшенням штату), 18 % не проти залишити її на тому ж рівні, а 9 % вважають за необхідне скоротити або ж сполучити природоохоронну службу з іншими (рис. 8).

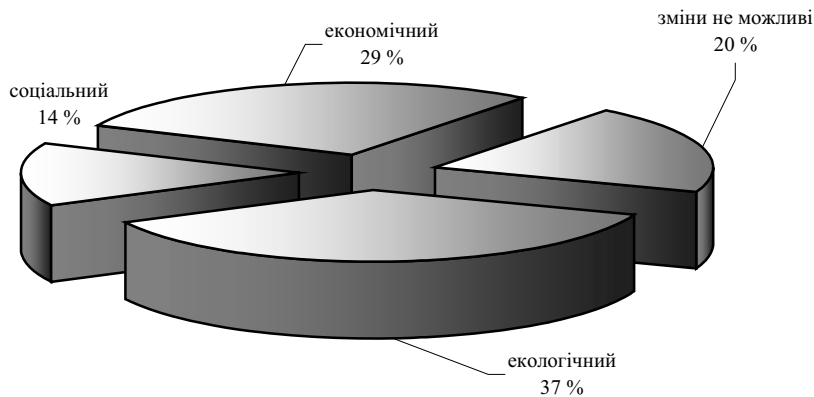


**Рисунок 8** – Екологічна служба на підприємстві

Найбільш якими прихильниками абсолютного розвитку екологічної служби є вчорашні студенти, що сьогодні шукають місце працевлаштування за фахом (100 %), а також магістри-екологи, серед яких 88 % виступають за збільшення штату природоохоронного відділу. Звичайно, автор також вболіває за розвиток екологічної служби на підприємствах.

У меншій мірі проблемами випускників переймаються мешканці найближчих до кар'єрів населених пунктів (70 % «за»), викладачі (67 %), а тим паче працівники гірничодобувної галузі (56 %).

Залишити на тому ж рівні екологічну службу пропонують кожен третій викладач (неекологічних дисциплін), промисловець-гірник, а також 12 % магістрів і 10 % населення.



**Рисунок 9** – Зміни до кращого у гірничодобувній промисловості

Серед «екологофобів» – 20 % пересічних громадян і 11 % зайнятих у сфері відкритих гірничих робіт.

Метою дев'ятого питання було виявлення настроїв щодо зміни на краще в гірничодобувній галузі. Кожен п'ятий респондент заявив про неможливість змін до кращого в галузі. Майже у співвідношенні 1:2:3 опитувані виражають оптимізм щодо змін на краще у соціальному, економічному та екологічному аспектах (рис. 9).

Групування за настроями у соціальних вибірках розподілилося наступним чином.

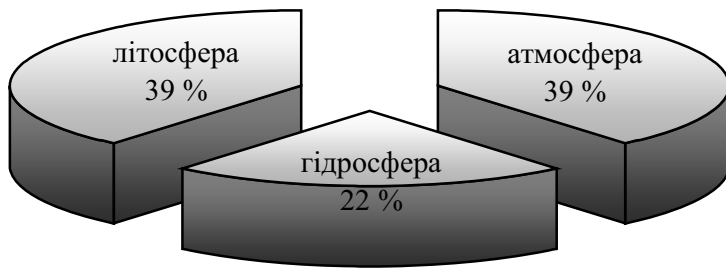
Найбільшими песимістами виявилися випускники вузу – дві третини респондентів цієї соціальної вибірки. До них приєднуються третина викладачів, кожен четвертий магістр і п'ята частина звичайних громадян (різного віку та професій). Цікаво, що серед працівників із кар'єрів – жодної подібної відповіді. Значить, у них є впевненість у завтрашньому дні, що не може не радувати. Можливо, якби, крім зайнятих у сфері відкритих гірничих робіт, до анкетування залучалися ще й шахтарі, ситуація з цим питанням склалася б дещо іншим чином.

Тож, найбільша частина експертів віддала перевагу екологічному аспекту розвитку галузі (див. рис. 9). У виникненні подібної загальної картини особлива заслуга викладачів (67 % від загальної кількості відповідей від цієї соціологічної групи), магістрів і населення (по 50 %). Також за зміни до кращого з екологічної точки зору – кожна третя відповідь випускників і кожна одинадцята промисловця.

Економічним і соціальним змінам зовсім не надають права на існування викладачі та випускники вузу. Щодо розподілу думок інших категорій респондентів, в обох аспектах лідирують гірники: 64 % за економічний розвиток і 27 % за соціальний – від загальної кількості відповідей цієї соціальної групи проти більш низьких показників, отриманих від магістрів і населення. 20 % і 10 % відповідно – такі долі оптимізму отримано від простого люду. А магістри до вказаних варіантів змін відносяться рівнозначно – 1/8 до 1/8.

Автор дозволяє собі передбачення змін на краще все ж у економічному аспекті, бо лише після покращення економічних показників на підприємствах галузі буде приділятися увага екологічним та соціальним питанням. А песимістичні погляди взагалі не мають права на існування.

На питання № 10 «Забруднювачем якої складової частини навколишнього природного середовища є гірничодобувне підприємство більшою мірою?» було передбачено три варіанта відповіді, що співпадають з трьома географічними оболонками Землі. Складові частини довкілля розподілилися наступним чином: близько 1/5 частини відповідей – гідросфера, по біля 2/5 – атмосфера та літосфера (рис. 10).



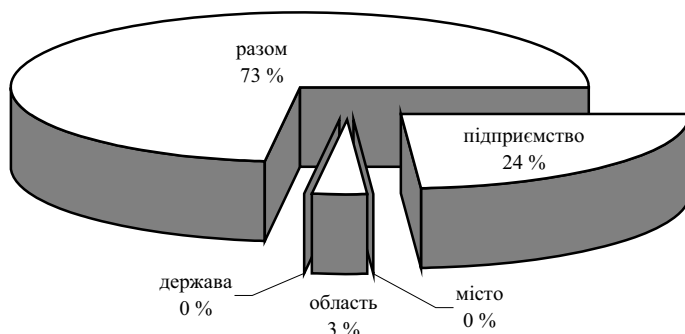
**Рисунок 10** – Розподіл навантаження на довкілля за сферами

Повністю віддзеркалює загальну ситуацію картина серед простого населення – тут також дійсне співвідношення 1:2:2. На підприємствах, що займаються відкритою розробкою, вважають, що гідросферу галузь не забруднює взагалі.

Щодо двох інших складових довкілля, у цій соціальній вибірці погляди розподілилися рівномірно: п'ятдесят на п'ятдесят. Магістри-екологи також на 50 % убачають шкоду атмосфері. Інші 50 % відповідей розподілилися на літосферу (30 %) і гідросферу (20 %). Серед випускників-екологів повна впевненість (100 %), що гірничодобувна промисловість – головний забруднювач літосфери. Викладачі ж, на відміну від практиків-промисловців, найбільшу увагу акцентують на гідросфері (63 % відповідей серед науковців), а уже потім на атмосфері (25 %) і літосфері (12 %).

Автор вважає найбільш забруднюваним гірничодобувним підприємством середовищем повітряне, а літосфера може претендувати на роль найпорушеного.

У одинадцятому питанні респондентів просили визначитися, якою владою повинні вирішуватися екологічні проблеми окремого підприємства (незалежно від галузевої належності): місцевою, обласною, державною чи підприємством самостійно. Ще був комплексний варіант – «усіма перерахованими вище структурами», який і віднайшов найбільшу підтримку серед експертів. Переважна більшість (73 %) опитаних вважають, що питання охорони природи повинні турбувати не тільки підприємства, але й усі гілки влади (рис. 11).



**Рисунок 11** – Компетенція вирішення екологічних проблем окремого підприємства

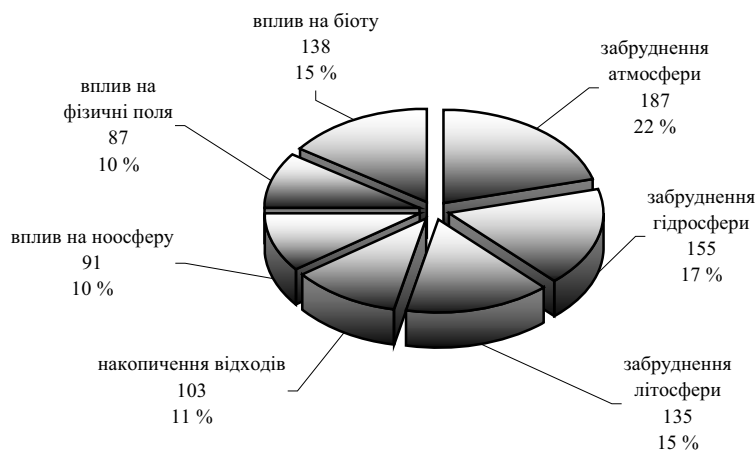
У загальній більшості – усі викладачі, 80 % мешканців населених пунктів, що прилягають до кар'єрів, і близько двох третин респондентів із інших соціальних категорій. Автор приєднується у цьому питанні до громадськості.

Утричі менше експертів (24 %) згодні жити за жорстким принципом «мої проблеми – це мої проблеми». Серед прибічників самостійної політики підприємств – решта опитаних

від населення (20 %), працівників галузі та випускників-екологів (по 1/3), а також 25 % магістрів з екології.

І лише кожен восьмий магістр не проти, щоб екологічні проблеми вирішувалися владою обласного рівня (3 % загальної кількості відповідей).

Дві інші категорії – державна та місцева влада окремо – не знайшли підтримки серед опитуваних.



**Рисунок 12** – Найбільш небезпечні глобальні екологічні проблеми

Останнє питання, як і попереднє, також не стосується гірничодобувної галузі. Його зміст – у оцінці за вже звичною семибальною шкалою небезпеки екологічних проблем у глобальному плані. Тож, найбільшу загрозу для довкілля, за спільною думкою вибірки, становить забруднення атмосфери (кількість набраних балів склала 187, що складає близько 22 % загальної сукупності). Непокоять також питання забруднення гідросфери (155 балів, або 17 %), літосфери (135 балів, 15 %) і негативного впливу забруднення навколишнього природного середовища на біоту (138 балів, більше 15 %). Проблема накопичення відходів стоїть на п'ятому місці (103 бали, 11 %), хоча у світі вона є однією з найболючіших, і саме її автор бачить першою (рис. 12).

Найкраще розуміються на світових проблемах магістри-екологи, що поставили спільну «п'ятірку» проти варіанту відповіді «нагромадження відходів виробництва», найгірше – просте населення, середній бал від якого «2». Однак саме пересічна людина більше спеціаліста-еколога відчуває нехватку чистого повітря: практично всі опитані мешканці найближчих населених пунктів до кар'єрів ставили «максимум» забрудненню атмосфери. Чомусь це питання найменше хвилює викладачів – усього два бали з семи можливих. Забруднення літосфери також оцінено ними в два бали, тоді як їхні учні – спеціалісти та магістри – ставили в середньому шість і п'ять відповідно. І навпаки, п'ять і шість відповідно, отримав від них варіант відповіді «забруднення гідросфери». Не можуть не турбувати доволі низькі оцінки щодо негативного впливу забруднення навколишнього природного середовища на біоту, тобто на все живе. Це можна було б пояснити нерозумінням поняття «біота», але середня «п'ятірка» від простого люду проти «трійки» викладачів і «четвірки» інших соціальних категорій відкидає подібний варіант тлумачення.

Аналіз відповідей за соціальною складовою показує, що працівники гірничодобувних підприємств і студенти магістерської підготовки за напрямком «Екологія» найбільше переймаються проблемами глобального забруднення атмосфери та гідросфери; випускники за тим же фахом – атмосфери та літосфери; викладачі – гідросфери, а також накопичення

відходів виробництва; мешканці населених пунктів, що розташовані поряд із кар'єрами гірничодобувних підприємств, – забруднення атмосфери та негативного впливу забруднення довкілля на біоту.

Таким чином, аналізуючи повністю результати анкетування, можна зробити наступні висновки:

гірничодобувне підприємство у рівній мірі забруднює атмосферу та літосферу, водне середовище зазнає з боку виробництв галузі найменшого впливу;

найбільшої шкоди довкіллю за умови відкритої розробки родовищ корисних копалин наносять добувні роботи, відвалоутворення, зняття родючого шару ґрунту та розкривні роботи, але розвитку й удосконалення потребують практично всі основні технологічні процеси;

найбільший вплив на НПС із джерел забруднення на гірничодобувному підприємстві чинять котельня та труба викиду шкідливих речовин в атмосферу від поста зарядки акумуляторів;

найнебезпечнішими з відходів є відпрацьовані люмінесцентні ртутьвміщуючі лампи, тара поліетиленова з-під хлорного вапна, шлам очисних споруд і обпилки, забруднені нафтопродуктами;

у сфері природоохоронної діяльності конче необхідно розвивати екологічну службу (зі збільшенням штату) та переходити до заощадження шляхом зниження забруднення довкілля, використання дорогих і екологічно ефективних технологічних процесів і обладнання, підвищення ефективності вже встановленого на підприємстві очисного встаткування;

більшість експертів вірять у зміни до кращого в гірничодобувній промисловості саме в екологічному аспекті;

у вирішенні екологічних проблем окремого підприємства повинна брати участь влада незалежно від ієрархічного рівня;

у глобальному плані найнебезпечнішими є проблеми забруднення трьох основних оболонок Землі та його негативного впливу на біоту [3].

## **Бібліографічний список**

1. Безродный В. И. Учебно-методическое пособие по методам социально-психологических исследований. – Донецк, 1996. – 36 с.
2. Артамонов В. М., Кузик І. М., Диннік І. В., Рибалко О. В. Вибір та обґрунтування на основі експертної оцінки перспективних напрямків технологічних рішень під час екологічно безпечного закриття вугільної шахти // Геотехнологии и управление производством XXI века: Монография в 2-х томах. – Т. 2 / Под общ. ред. Мартяковой Е. В. – Донецк: ДонНТУ, 2006. – С. 227–231.
3. Артамонов В. М., Камуз А. М. Вибір та обґрунтування системи заходів щодо зменшення впливу гірничого підприємства на довкілля // Екологія: наука, освіта, природоохоронна діяльність: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – К.: Наук. світ, 2007. – С. 5–7.

© Артамонов В.М., Камуз А.М., 2007



**Беляева А.Е., Матлак Е.С., Беляева Е.Л. (ДонНТУ)  
ОБ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ В  
СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ УГОЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ**

*В статье рассмотрены актуальные проблемы угольной промышленности, а также их роль в системе управления угольным производством, а именно формированию эффективной инновационной политики отрасли с учетом экологической составляющей. В работе имеет место полнота и обстоятельность разработки темы, достигнутые на основании анализа эколого-экономического состояния отрасли, принципов концепции устойчивого развития, а также результатов собственных исследований авторов.*

Угольная промышленность является одной из базовых отраслей народного хозяйства и поэтому её инновационному развитию уделяется пристальное внимание в стране. Развитие отрасли зависит от:

структурных преобразований в системе управления;  
реструктуризации фонда предприятий;  
диверсификации производства;  
развития рыночных отношений.

Как показывает мировой опыт, системная реализация перечисленных направлений возможна лишь в условиях сформулированной инновационно-инвестиционной стратегии. Процесс формирования такой стратегии обусловлен рядом требований, предъявленных к ней:

во-первых, она должна соответствовать современным достижениям научно-технического прогресса; его особенностью является то, что сегодня период эксплуатации нововведений становится очень непродолжительным, поэтому следует ориентироваться на самые передовые технологии, чтобы сохранить конкурентоспособность на рынках.

во-вторых, инвестиционные решения должны быть согласованы с другими сферами деятельности предприятия, вписываться в его социально-экономическую политику, то есть быть сбалансированными и скоординированными.

Одной из важнейших предпосылок формирования эффективной инновационно-инвестиционной политики предприятия на современном этапе развития экономики любой страны является учёт экологического фактора. Последнее определяет необходимость экологизации производства, ключевым инструментом которой становится экологический менеджмент, органично интегрируемый в систему управления предприятием /1/.

Основополагающие принципы мировой концепции устойчивого эколого-экономического развития сформулированы в «Глобальной программе действий - Повестка на 21 век, принятой на дипломатической конференции «Окружающая среда и развитие» (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) под эгидой ООН, которая ратифицирована почти всеми странами – участниками форума, в том числе Украиной.

В концепции обосновывается, что достижение поставленной цели – экологизация технологического развития – требует проведения её в отношении всей инновационной деятельности, поскольку экологические проблемы охватывают весь комплекс научных, инженерных и технологических знаний.

Актуальность такого взгляда на экологические проблемы с позиции экологизации общественного производства особенно возрастает в связи с переходом экономики Украины к рыночным отношениям. Острота ситуации определяется тем, что переход усиливает противоречия на стоке «экология – рынок». Рынок «генетически» незаинтересован вкладывать финансовые средства в решение экологических проблем из-за отсутствия прибыли, удалённости во времени ответственности за наносимый природе вред, несовпадения интересов предприятий и реципиентов (население, другие предприятия и др.).

Для смягчения и предотвращения возникающих противоречий необходим поиск оптимальных решений. Особого внимания требует управление процессами технологических

инноваций, поскольку последние не только определяют воздействие производства на окружающую природную среду, но неразрывно связаны с управлением запасами природных ресурсов, прежде всего предотвращением их потерь.

Как показывает анализ, к настоящему времени в рамках инновационной стратегии сложились два принципиально различных направления экологизации производственных процессов. Первое направление – условно чистая технология, когда наряду с основным производством проводятся так называемые «прямые» природоохранные мероприятия (например, строительство очистных сооружений), которые направлены на обезвреживание отходов, то есть техногенных последствий основного производства. Такое направление характерно для современной ситуации в угольной промышленности.

При этом значительно дорожает производство продукции, но использование локальных мероприятий не приводит к существенному улучшению состояния окружающей природной среды, а лишь тормозит отрицательные процессы. Ещё одним прогнозируемым негативным аспектом первого возможного направления экологизации производства является возникновение парадокса, а именно: стремление предприятия – загрязнителя минимизировать собственные экологические затраты приведет к тому, что загрязнение снизится до такого уровня, когда дальнейшее его уменьшение будет стоить столько же, сколько составляет дополнительный ущерб от загрязнения. В такой ситуации предприятиям становится экономически нецелесообразным уменьшать величину загрязнений. Нейтрализация таких парадоксов возможна лишь в том случае, если при оценке хозяйственной деятельности предприятий будет использоваться не обычный (традиционный) экономический подход, а эколого – экономический, то есть предполагающий достижение оптимальных экономических результатов при минимизации расходов природных ресурсов и нагрузки на окружающую природную среду. Естественно, что новая система ценностей потребует изменения целевых установок и эффективности инновационной стратегии развития. Следует напомнить, что экологический эффект от инновационной деятельности предприятия включает снижение выбросов в атмосферу, сбросов в гидросферу, количества размещаемых твердых отходов, а также предотвращение (уменьшение) физических воздействий на окружающую среду.

Анализ мирового опыта природоохранной деятельности показывает, что достижение значимого экологического эффекта возможно лишь на основе второго (перспективного) направления решения проблемы окружающей природной среды, которое рекомендуется в качестве генерального «Глобальной программой действий – Повестка на 21 век», а именно на основе экологически ориентированной реструктуризации природо - эксплуатирующих отраслей народного хозяйства, прежде всего горнодобывающей промышленности, и научно – инновационной среды. Конкретной целью такой реструктуризации является, во-первых, минимизация потребления природных ресурсов, а во-вторых, резкое сокращение выхода отходов при производстве основной продукции. В случае же образования отходов последние должны своевременно включаться в единую производственную цепь последовательного их использования. В процессе экологически ориентированной реструктуризации основного производства промышленных предприятий важное значение приобретают реформирование и развитие рыночных механизмов экологизации – создание организационно – экономических условий для инновационного предпринимательства в экологии. Можно констатировать, что из класса инноваций уже выделился их особый вид – экологические технологии (экотехнологии).

Реалии настоящего времени свидетельствуют о том, что с каждым годом количество потребителей экологически чистой продукции растет во всем мире, в том числе и в Украине. В этой связи государство должно создавать условия, когда предприятия реализуют природоохранные мероприятия, смогут получать соизмеримый с капитальными вложениями экономический эффект.

К сожалению, в настоящее время имеет место значительное сокращение государственных инвестиций в природоохранную деятельность. Выход из сложившийся неблагоприят-

ной ситуации возможен благодаря внедрению надежных экономико – правовых механизмов оздоровления окружающей среды, когда создаются такие условия производственной деятельности, при которых предприятиям становится выгодным соблюдать природоохранные требования, снижать объемы загрязнений и предупреждать их появление, искать новые способы рационализации труда за счет использования новых технологий по переработке вредных веществ.

В Украине действует экономический механизм экологического управления, определённый базовым природоохранным Законом «Об охране окружающей среды». Анализ его положений, выполненный в работе /2/, указывает на ряд недостатков, к которым относится то, что он, во-первых, не в состоянии заинтересовать товаропроизводителей и проведении природоохранных мероприятий за счет собственных денежных средств; во-вторых, не корреспондирует с другими экономическими показателями и рычагами хозяйственной деятельности; в-третьих, недостаточно оперативно и эффективно реагирует на динамику экономических и экологических процессов в государстве. Можно прогнозировать, что будущий успех решения экологических проблем зависит от совершенства экономико-правовых методов управления природопользованием.

При этом внедрение экономического механизма регулирования природопользования должно осуществляться не путём административного нажима, а прежде всего «экономического диктата», то есть создания таких условий для производственной деятельности, при которых хозяйствующим субъектам стало бы выгодно достижение экологических целей. В то же время утверждение экономических подходов к управлению природопользованием и охраной окружающей среды вовсе не означает отказ от административно – правовых методов управления. Государственное (административное) регулирование должно находиться в равновесии с методами рыночного (экономического) регулирования.

Наложение вышеприведенных представлений на условия горной промышленности позволяет увидеть следующие тенденции. Состояние угольной промышленности характеризуется затяжным финансовым кризисом, поэтому инновационно – инвестиционная стратегия отрасли должна быть направлена на его ликвидацию.

В мировой практике работы угольных предприятий известно два основных варианта преодоления финансового кризиса:

техническое переоснащение активного производственного аппарата (применительно к шахте – очистных, подготовительных работ и других процессов) находящихся в финансовом кризисе перспективных предприятий, их санация;

закрытие неэкономичных, неперспективных (убыточных) предприятий в рамках угольных объединений, что повышает конкурентоспособность объединений и отрасли в целом.

Выбор варианта осуществляется на основе оценки (диагностики) финансового состояния предприятия и установления его перспективности или неперспективности, а следовательно использования санации или закрытия шахты. Как правило, вначале исследуются возможности проведения санации.

Закрытие крайне убыточных шахт позволит высвободить (получить) ресурсы, которые требуются для улучшения использования производственных мощностей других шахт, чтобы они могли остаться конкурентоспособными. Следует констатировать, что вопросы закрытия неперспективных шахт в полной мере еще научно не обоснованы, а проведение санации шахт практически не изучено. Поэтому реализация рассматриваемой инновационной модели реформирования отрасли является пока еще изучаемым вопросом и требует проведения промышленной политики на основе внедрения механизмов структурной перестройки институционального и управленческого характера в сфере науки, инвестиций, внутреннего и внешнего рынков, законодательно-нормативного и кадрового обеспечения с ориентацией на развитие «прорывных» наукоемких технологий, что обеспечивает лидерство в конкретных секторах.

Особенностью угольной промышленности является то, что она относится к числу «сырьевых» отраслей, а потому завоевание собственной ниши на мировом рынке невоз-

можно и не имеет смысла. Однако поскольку эта отрасль обязана обеспечить энергетическую независимость, а следовательно, безопасность страны, то для повышения эффективности ее хозяйственной деятельности и потенциала не менее важно в процессе угольного производства использовать новые технологии и достижения защиты окружающей среды.

В настоящее время в промышленных регионах Украины отмечаются позитивные тенденции, направленные на внедрение упомянутой выше концепции устойчивого эколого-экономического развития, о чем свидетельствует опыт Горловского «Стирала», Николаевского завода нержавеющей труб, Донецкого металлургического завода и других предприятий по использованию системы экологического менеджмента в общей структуре управления предприятием.

Это означает, что начался процесс постепенного встраивания (интегрирования) экологического фактора в систему современного производства, а также в механизм функционирования рынка. Благодаря этому становится возможным развитие экологического предпринимательства а, следовательно, формирование рынка эко-бизнеса. При этом складывается определенная инфраструктура, включающая несколько самостоятельных направлений, главные из которых /3,4,5/:

создание средоохраняющей и ресурсосберегающей техники и технологий;  
использование и переработка вторичных ресурсов (отходов производства);  
производство экологической техники, приборов для контроля состояния окружающей среды;  
экологическое воспроизводство;

Современная угольная промышленность Украины представляет собой монопродуктовую отрасль (добыча угля) с огромным количеством твердых, жидких, газообразных и аэрозольных отходов. В соответствии с концепцией устойчивого развития для сокращения количества отходов одним из актуальных аспектов хозяйственной деятельности угольной отрасли должно стать ее превращение из монопродуктовой в полипродуктовую (с выпуском топлива, газа (метана), строительных материалов, редких металлов и других компонентов угольного производства, особенно используемых после очистки шахтных вод). Важно, что одновременно обеспечивается охрана окружающей природной среды (прежде всего гидросферы и атмосферы) и достигается значительный экономический эффект.

Развитие индустрии переработки и утилизации отходов на современной научно-технической и технологической основе в контексте с инновационной моделью устойчивого развития позволит комплексно решать экологические, экономические и социальные вопросы перестройки хозяйственного механизма отрасли.

К наиболее важным составляющим рассматриваемого актуального аспекта относятся:

- развитие специализированных мощностей по переработке отходов;
- вовлечение вторичного сырья в хозяйственный оборот;
- выпуск и реализация специального оборудования и оснастки для утилизации отходов;
- производство новых видов продукции (строительные материалы, топливные брикеты, метан и др.);
- внедрение системы научного и информационного управления использованием отходов в рамках созданных технопарков и инновационно-технологических центров;
- повышение технологического уровня производства угледобывающих предприятий за счет внедрения передовых научных технологий;
- проведение научно-исследовательских разработок;
- создание новых рабочих мест;

Из приведенного перечня вопросов видно, что в реализации направлений инновационной стратегии угольной отрасли важная роль принадлежит науке. Именно с ее помощью может быть продолжено техническое переоснащение активного производственного аппарата шахт и превращение отрасли из монопродуктовой в полипродуктовую. К сожалению, в последние годы отмечена утрата научного потенциала в угольных научно-технических организациях (НТО). Поэтому в ближайшие годы неизбежна реструктуризация этих орга-

низаций всех форм собственности и усиление государственного управления отраслевой наукой с помощью инновационных программ среднесрочной перспективы и ее финансирование. Целесообразно создание научных объединений с непосредственным включением в их состав государственных НТО и привлечением программ приватизированных НТО.

Важной формой, конкретизирующей практическое развитие индустрии переработки отходов угольного производства является организация малых предприятий (в составе шахты или функционирующих самостоятельно) для обработки продукции и придания ей товарного вида. Расчеты показывают, например, высокую эффективность получения метана за счет дегазации месторождения скважинами, пробуренными с поверхности. При этом образуется и дополнительный эффект, благодаря снижению газообильности в процессе разработки пластов. Аналогичный подход достоин внимания в отношении использования шахтных вод, прежде всего закрываемых предприятий.

Приоритетным направлением развития индустрии переработки отходов, инфраструктуры ее обслуживания на основе прогрессивных научных технологий является создание технологических парков (технопарков). Это стимулирует субъекты хозяйственной деятельности в направлении рационального использования материальных ресурсов и вторичного сырья, содействует привлечению инвестиций для разработки необходимых технологий, а также производству высококачественной конкурентоспособной продукции.

Целесообразность такого подхода аргументируется работами института экономики промышленности НАН Украины, который на основании накопленного опыта формирования научно-технических и социально-экономических программ, а также организации технопарков, с одной стороны, и результатов анализа кризисной экологической ситуации в Донецком регионе по фактору «накопление и низкий уровень использования отходов», с другой стороны, обосновал целесообразность технопарка «Ресурсосбережение, переработка и утилизация отходов».

Таким образом, неразрывная связь инновационного и инвестиционного блоков хозяйственной деятельности с учетом экологической составляющей в системе управления угольным производством на этапе его реструктуризации позволит:

- ускорить структурно-технологическую перестройку;
- снизить экологические риски при внедрении инноваций;
- обеспечить взаимодействие производственной и финансовой сфер на научной основе;
- превратить в перспективе угольную промышленность из монопродуктовой отрасли в полипродуктовую.

#### **Библиографический список**

1. Экологический менеджмент /Н.В. Пахомова, А.Эндрее, К.Рихтер-Спб. : Питер, 2003 - 544с.
  2. Морева В.В., Товстик Е.В. Общеэкономические предпосылки экологизации производства / Материалы региональной научно-практической конференции: « Экология и безопасность жизнедеятельности : инновационные процессы в науке, технологиях и образовании» --- Макеевка ---Донбасс, 2001, Издательство БСГ – стр142-143.
  3. Ляшенко О.Ф. Системний підхід до прогнозування розвитку вугільної промисловості /Уголь України ----2005 ---- №7 с 7-10
  4. В.Е.Нейнбург, Ю.З.Драчук «Об инновационной модели структурной перестройки угольной промышленности Украины/ Уголь Украины ---2005 --- №10
  5. В.В.Микитенко «Приоритеты та напрямки розвитку топливно-енергетичного комплексу України/ Уголь України ----2005 --- № 8 с 29-34.
- © *Беляева А.Е., Матлак Е.С., Беляева Е.Л., 2007*

**БЕЛЯЄВА О.Л., КАРАГАДЬЯН М.В., ПОЛІШКУР Є.О., БЕЛЯЄВА Г.Є. (ДОННТУ)  
РОЗВИТОК МЕХАНІЗМУ РЕГУЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЯК  
ІНСТРУМЕНТ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В УМОВАХ ПІДПРИЄМСТВА  
ВАТ «РУТЧЕНКІВСЬКИЙ ЗАВОД «ГОРМАШ»**

*В статті розглянуто характеристику розвитку механізму регулювання екологічного управління на прикладі ВАТ «Рутченківський «Гормаш». Виявлені загальні джерела та плата за забруднення навколишнього середовища*

*Розглянуто основні заходи усунення забруднюючих речовин та поліпшення розвитку машинобудівельного комплексу.*

**Вступ.** В усіх ведучих країнах світу головною рушійною силою розвитку, фундаментом цивілізованих ринкових відносин виступає науково-технічний прогрес. Як відомо, саме він визначає можливості будь-якої країни у вирішенні її економічних проблем, її конкурентоспроможність на зовнішньому ринку, та її місце у світовій економіці.

Ефективність діяльності підприємств у світі чимало залежить від правильно обраної стратегії управління, від економічного потенціалу, яким володіє підприємство, від конкурентоспроможності випущеної продукції, від місця, яке підприємство займає на ринку. Процес переходу до ринкової економіки змінив умови та принципи функціонування підприємства. Практика показала, що не кожне підприємство змогло пристосуватися до вимог ринку.

Це можливо здійснити за рахунок реструктуризації діяльності виробничої сфери і приведення її у відповідності до змін ринкового середовища на підставі розробки та впровадження механізмів сталого розвитку. Найбільш діючим засобом забезпечення сталого економічного розвитку промислових підприємств є механізм створення, просування і використання науково-технічних інновацій. І це розповсюджується на підприємства усіх країн світу.

Дослідженнями даної проблеми на території СНД займаються наступні спеціалісти: Бабіна Ю.В., Ворфоломєєва Е.О., Пахомова Н.В., Ендерс А., Ріхтер К.

На сучасному етапі розвитку механізму регулювання екологічного управління, перед підприємствами було поставлено такі задачі: підвищення рівню екологічної ефективності шляхом значного скорочення викидів забруднюючих речовин, стабілізація рівня використання енергетичних ресурсів і викидів парових газів в атмосферу.

Найважливішим інструментом механізму побудування прозорих, взаємо відповідальних відношень між бізнесом, суспільством і державою стає об'єктивна, певна та своєчасна інформація про стан навколишнього середовища, про позначенні та реалізовані господарські рішення і екологічні заходи. [2, с. 189]

Матеріальну базу прискорення науково-технічного прогресу і технічного переозброєння визначає стан машинобудування, роль якого суттєво підвищується в сучасних умовах, зважаючи на те, що інновації, високі технології на цьому етапі розглядаються в якості реальних важелів підйому економіки.

Важлива роль машинобудування в розвитку промисловості України обумовлює необхідність вирішення складних організаційно-технічних і соціально-економічних проблем, серед яких на перше місце виходить збереження і розвиток матеріально-технічної бази промислового виробництва.

В умовах швидkozмінної ринкової економічної ситуації, диверсифікації продукції, зміна внутрішнього та зовнішнього середовища засадою поліпшення матеріально-технічної бази та інтенсифікації усіх виробничих процесів є удосконалення основних виробничих фондів, стан яких, особливо в активній частині, в значній мірі обумовлює темпи науково-

технічного прогресу та ефективність виробничої діяльності підприємства в цілому. [1, с. 102]

Машинобудівельні підприємства нашої країни характеризуються величезною різноманітністю видів виготовлення продукції, значною її конструктивною різницею та складністю. Технічний прогрес потребує безперервного оновлення номенклатури продукції, яка випускається, її удосконалення, підвищення якості та доведення його до рівня світових зразків. Донецьк – найзначніший центр вугільної промисловості, що є індустріальною столицею видатного регіону України – Донбасу. Економіку міста Донецька визначають більше 200 промислових підприємств, 120 будівельних організацій та більше 20 000 підприємств малого і середнього бізнесу. Найбільш розвинутими галузями є: вугільна (14%), металургійна (34%), машинобудівельна (13%), та харчова (20%). Економіку Донецька обслуговують 45 банків, 14 страхових компаній та 6 бірж.

Машинобудівельний комплекс, до якого належать 66 підприємств, постачає своєю продукцією майже в усіх галузях промисловості не тільки міста, але й України. Місто Донецьк забезпечує в Україні все виробництво прохідницьких комбайнів, шахтних машин, залізничних цистерн та іншого обладнання. [3]

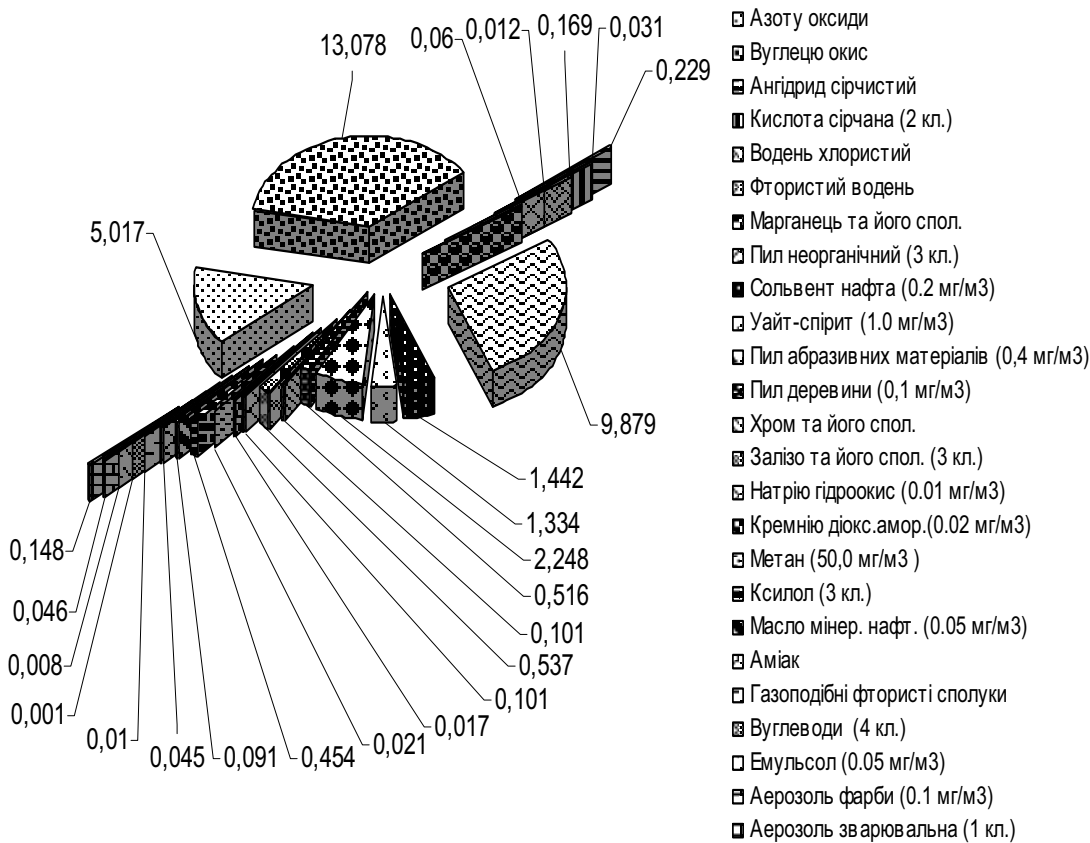
Одним з таких підприємств галузі у Донецьку є машинобудівельне підприємство ВАТ «Рутченківський «Гормаш».

II. Постановка завдання. Основною метою роботи є удосконалення механізму регулювання екологічного управління методом зниження рівня впливу машинобудівельного підприємства ВАТ «Рутченківський «Гормаш» на навколишнє природне середовище шляхом значного зниження викидів забруднюючих речовин.

Предметом діяльності ВАТ «Рутченківський «Гормаш» стає наступне:

- виробництво та ремонт експериментальних і серійних зразків гірничошахтного обладнання;
- ремонт гірничошахтного обладнання, такого як очисні та прохідницькі комбайни всіх типів, механізовані закріпни усіх типів і модифікацій, конвеєри, вентилятори, електродвигуни;
- монтаж (демонтаж) стаціонарного шахтного обладнання, у тому числі в шахтних умовах;
- виробництво та ремонт запчастин до продукції власного виробництва та до продукції інших виробників.

Для вирішення встановленого завдання необхідно провести аналіз впливу машинобудівельного підприємства ВАТ «Рутченківський «Гормаш» на навколишнє природне середовище. Даний аналіз проводиться у вигляді побудови діаграм, які подаються на рисунках 1.1 – 1.6.



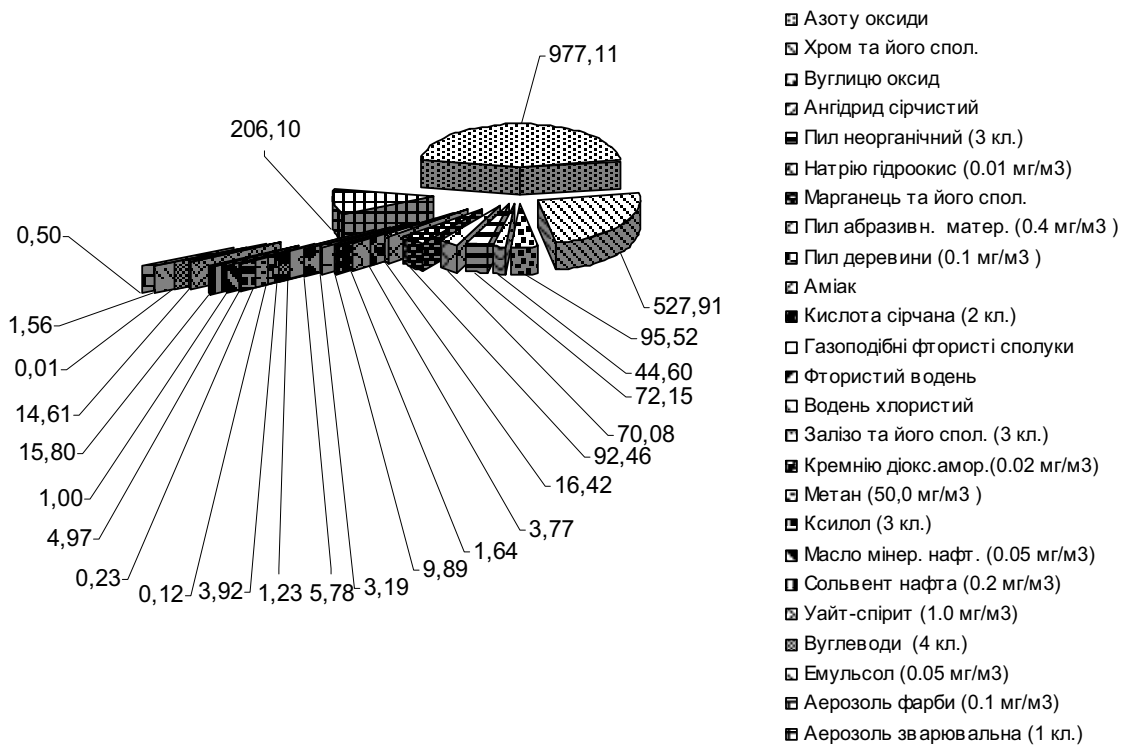
**Рисунок 1.1** – Викиди в атмосферу забруднюючих речовин ВАТ «Рутченківський завод «Гормаш»».

На рисунку 1.1 показано скільки і які забруднюючі речовини потрапляють до атмосфери у процесі роботи ВАТ «Рутченківський завод «Гормаш»». Підприємство викидає в найбільшому обсязі такі забруднюючі речовини, як оксид вуглецю (13,078 тон), оксиди азоту (5,017 тон), пил неорганічний (9,879 тон) та інші.

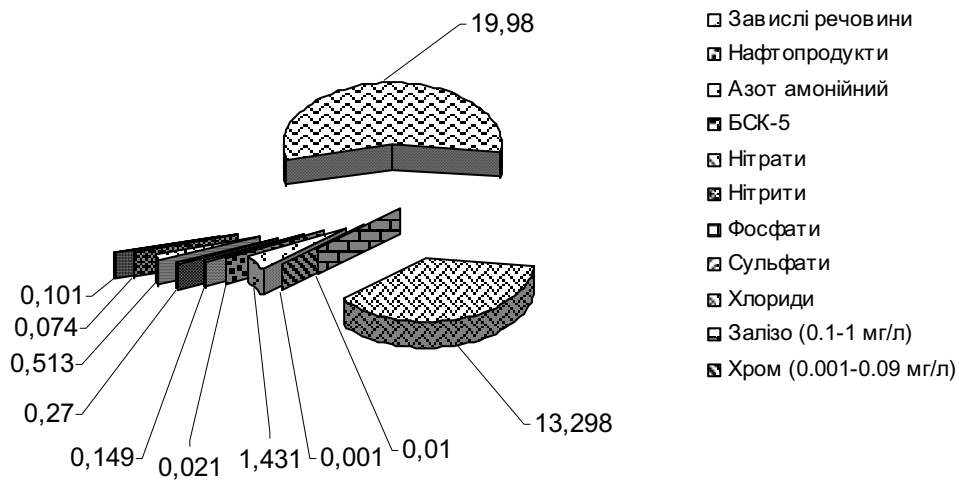
Плата підприємством за забруднення навколишнього середовища відповідає нормативним вимогам України. На рисунку 1.2 можна побачити, що найбільше коштів виплачується за забруднення оксидом азоту (977,11 грн.), хромом та його сполуками (527,91 грн.) та іншими забруднюючими речовинами. Чим більш шкідливий вплив несе в собі речовина, тим більше економічні збитки підприємства.

Багато які з речовин надзвичайно небезпечні для навколишнього середовища, тому необхідно прийняти заходи щодо мінімізації впливу підприємства на навколишнє середовище за допомогою регулювання екологічного управління в організації.



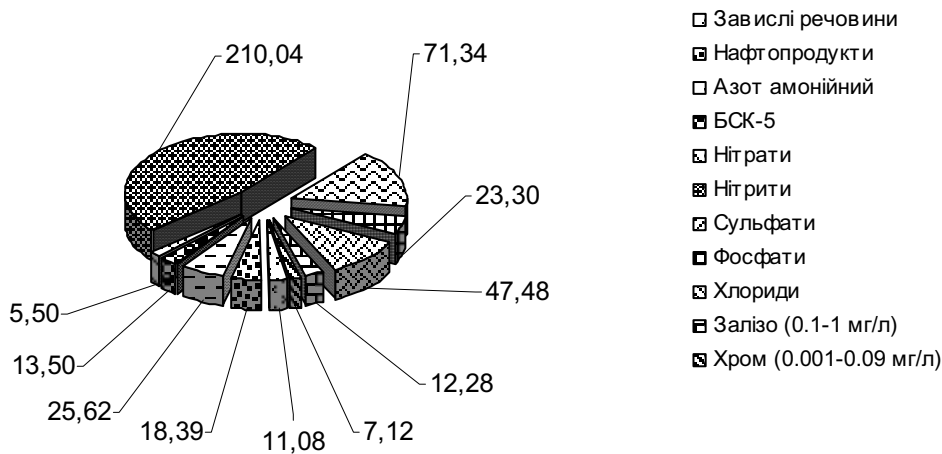


**Рисунок 1.2** – Плата за шкідливі викиди забруднюючих речовин у атмосферу ВАТ «Рутченківський завод «Гормаш».



**Рисунок 1.3** – Скиди забруднюючих речовин ВАТ «Рутченківський завод «Гормаш» у річку Кальміус.

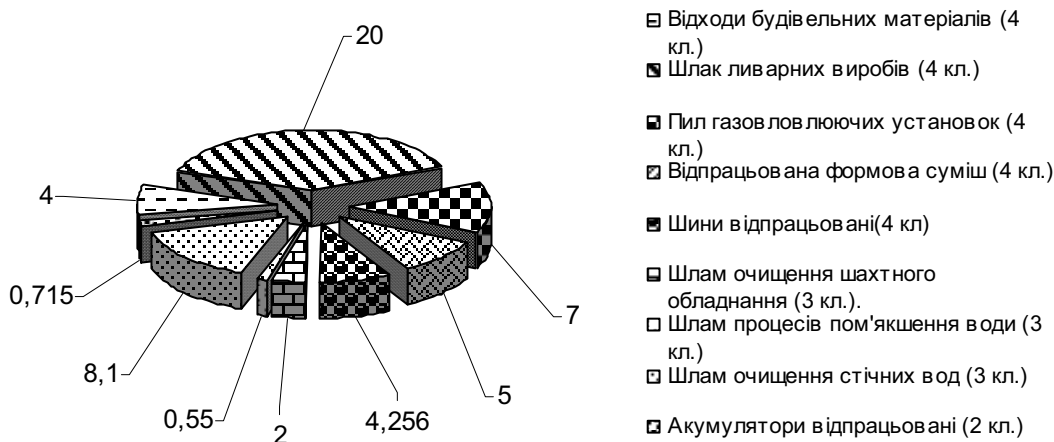
На діаграмі рисунка 1.3 показано, які забруднюючі речовини потрапляють у процесі роботи ВАТ «Рутченківський завод «Гормаш» у річку Кальміус. Підприємство скидає у поверхнєве джерело такі забруднюючі речовини, як сульфати (19,98 тон), хлориди (13,298 тон), завислі речовини (1,431 тон) та ще 8 видів небезпечних речовин.



**Рисунок 1.4** - Плата за скиди забруднюючих речовин ВАТ «Рутченківський завод «Гормаш» у річку Кальміус.

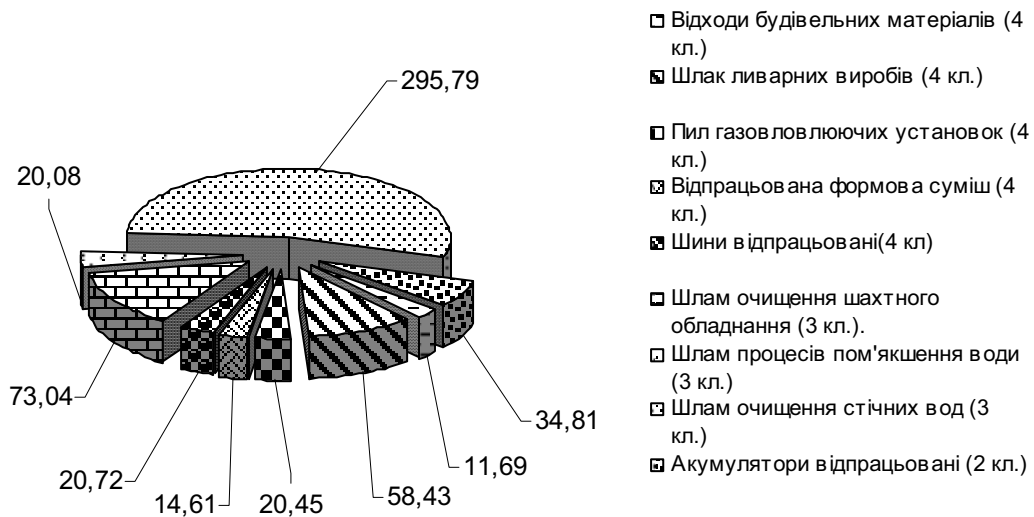
За кожен небезпечну речовину згідно з нормативною базою, підприємство до місцевого та державного бюджету вносить конкретні кошти, кількість яких показується на діаграмі рисунок 1.4. Найбільшу кількість коштів отримується за скиди нітритів - 210,04 грн., тому що вони найбільш небезпечні; сульфатів – 71,34 грн., хлоридів – 47,48 грн., азоту амонійного – 25,62 грн. та інших речовин.

ВАТ «Рутченківський «Гормаш» також забруднює навколишнє середовище такими обсягами відходів, що зображуються на діаграмі рисунок 1.5.



**Рисунок 1.5** – Скиди небезпечних відходів ВАТ «Рутченківський завод «Гормаш».

З рисунку 1.5 можна побачити і проаналізувати потрапляння небезпечних відходів до ґрунту. В процесі роботи заводу створюється така кількість відходів, як шлак ливарних виробів (20 тон), пил газоуловлювальних установок (7 тон), відпрацьована формована суміш (5 тон), шини відпрацьовані (4,256 тон), відходи будівельних матеріалів (4 тонн) та ще декілька небезпечних відходів.



**Рисунок 1.6** – Плата за скиди небезпечних відходів ВАТ «Рутченківський завод «Гормаш»».

Які кошти підприємство виплачує державі за забруднення навколишнього середовища небезпечними відходами можна побачити на рисунку 1.6. Найбільше коштів підприємством сплачується за шлам очищення стічних вод (295,79 грн.), шлам очищення шахтного обладнання (73,04 грн.), шлак ливарних виробів (58,43 грн.). Чим шкідливіший вплив несе в собі речовина, тим більше плата за її викид.

III. Результат. Із приведених діаграм можна побачити, що підприємство ВАТ «Рутченківський «Гормаш» - значний забруднюючий комплекс навколишнього природного середовища Донецького регіону.

У результатіведеного аналізу необхідно розпочати організаційно-технологічні природоохоронні заходи для мінімізації впливу машинобудівельного підприємства ВАТ «Рутченківський «Гормаш» на навколишнє природне середовище.

До таких заходів можна віднести наступні:

- установка природоохоронного обладнання для очистки від тяжких металів у вигляді хрому та інших токсичних газоподібних і аерозольних домішок;
- складання та заявлення екологічної політики підприємства;
- об'єктивне, певне та своєчасне інформаційне забезпечення природоохоронної діяльності;
- реструктуризація діяльності виробничої сфери та приведення її у відповідності до змін нормативів забруднення НПС;
- стабілізація рівня використання енергетичних ресурсів;
- застосування інноваційних та нових технологій для підйому і розвинення економіки підприємства.

IV/ Висновок. В результатіведеного аналізу запропонована установка природоохоронного обладнання – Рамний іонообмінний фільтр РІФ, який призначений для очистки газів від токсичних газоподібних і аерозольних домішок (фтористий вуглець, окис азоту, аерозолі водної, сірчаної, соляної, азотної, фосфорної кислот, аміак, органічні кислоти, та інші пари ціаністого вуглецю) машинобудівельної, металургійної промисловості, а також при виробництві будівельних матеріалів і в інших галузях.

Рамний іонообмінний фільтр РІФ має наступні переваги такі як:

- висока ефективність очистки (90-98%);
- простота і компактність;

- мінімальний рівень енерговитрат на очистку;  
- надійність в експлуатації, високий ступінь ремонтпридатності.  
При експлуатації іонічних фільтрів рівень енерговитрат в 20 разів нижчий, чим при використанні іншого повітряно-очисного обладнання. [4, с. 1-2]  
Підприємству необхідно приділити більше уваги екологічному управлінню. Для цього необхідно запросити на постійне місце роботи менеджера-еколога або скористатися послугами даних фахівців для складання екологічної політики.  
Запрошений фахівець повинен об'єктивно та своєчасно інформувати про необхідне забезпечення природоохоронної діяльності на підприємстві.  
Перше керівництво підприємства повинне підсилити увагу до виробничої сфери, яка має відповідати нормативам забруднення навколишнього природного середовища.  
Механізм регулювання екологічного управління повинен включати застосування інноваційних та нових природоохоронних технологій для підйому і розвитку економіки підприємства.

### **Библиографический список**

Бабина Ю.В., Ворфоломеева Е.А. Экологический менеджмент: Учебное пособие. М.: Издательство «Перспектива», 2002. С. 102.  
Пахомова Н.В., Эндерс А., Рихтер К. Экологический менеджмент. СПб.: Питер, 2003. С. 188-209.  
[http://mirrabot.com/work/work\\_54023.html](http://mirrabot.com/work/work_54023.html)  
Журнал УМК «Общемашконтракт». Днепрпетровск, 2006. С. 1-7.  
© Беляева О.Л., Карагадьян М.В., Полішкур Є.О., Беляева Г.Є., 2007

УДК 614.842.615

### **БОРОВИКОВ В.О., ЗГУРЯ В.І., СЛУЦЬКА О.М., ЧЕПОВСЬКИЙ В.О. (УКРНДІПБ МНС УКРАЇНИ)**

#### **шляхи підвищення достовірності результатів оцінки показників якості піноутворювачів для гасіння пожеж**

*Проведено аналіз та виявлено напрямки підвищення достовірності результатів випробувань піноутворювачів для гасіння пожеж за рахунок удосконалення випробувального обладнання, описано практичну значимість цих заходів. Виявлено, що основною причиною нестабільності результатів випробувань з визначення вогнегасної ефективності піни, генерованої з робочих розчинів піноутворювачів, є нестабільність показників якості пального – бензину марки “А-76”, регламентованого до застосування відповідними стандартами. Виявлено доцільність застосування розчинника “Нефрас С-2-80/120” як пального під час проведення випробувань піноутворювачів замість бензину марки “А-76” або н-гептану.*

Загальні технічні вимоги і методи випробувань піноутворювачів для гасіння пожеж в Україні регламентовано ДСТУ 3789 [1] та ДСТУ 4041 [2]. Відповідно до ДСТУ 3412 [3] та ДСТУ ISO/IEC 17025 [4], протокол випробувань зразків продукції має містити відомості про розрахункові значення похибки (невизначеності) результатів визначення показників якості. Необхідність їх розрахунку зумовлена тим, що у будь-якому випадку має місце певна неточність визначення показників якості продукції, тобто завжди є сумнів у правильності прийняття рішення за результатами випробувань.

Так, наприклад, невірний висновок про придатність піноутворювача до застосування у системах “підшарового” гасіння пожеж у резервуарах для зберігання нафти і нафтопродуктів

не дасть змогу погасити пожежу на початкових стадіях, що може призвести до величезних втрат, знищення технологічного обладнання, пожежної техніки, а також загибелі людей. Більш точне визначення критичної та нормативної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів дасть змогу підвищити ефективність протипожежного захисту об'єктів, зокрема, зменшити витрати на гасіння пожеж стаціонарними установками пожежогашіння. Під час проведення арбітражних випробувань також доцільно користуватися більш точними приладами, ніж такими, які регламентовано нормативними документами. Як відомо, під час проведення випробувань піноутворювачів для гасіння пожеж згідно з вимогами стандартів [1, 2] як пальне використовують бензин автомобільний марки "А-76". Натомість випробування піноутворювачів на відповідність вимогам стандартів [9, 10], циркулярів Міжнародної морської організації (ІМО) тощо передбачає використання як пального н-гептану або суміші аліфатичних вуглеводнів, яка відповідає певним вимогам. Різниця у нормованих значеннях показників якості пального є однією з причин, які ускладнюють гармонізацію ряду національних стандартів на вироби протипожежного призначення з відповідними міжнародними чи європейськими стандартами.

Досвід досліджень та випробувань піноутворювачів, накопичений в УкрНДІПБ, свідчить, що у разі використання бензину з різних партій для випробувань певного зразка піноутворювача може суттєво змінюватись значення показників тривалості гасіння модельного (макетного) вогнища пожежі. Відомі випадки, коли за інших однакових умов вдавалося погасити бензин марки "А-76", що належав до однієї партії, і не вдавалося погасити бензин тієї ж марки, що належав до іншої партії.

Разом з тим, відомості про показники якості пального, яке можна придбати вроздріб, як правило, відсутні, тому дослідити залежність вогнегасної ефективності піни від його показників якості не вдається. Відомо також, що останніми роками обсяги виробництва низькооктанових сортів бензину знижуються. Не виключено, що найближчим часом виробництво бензину марки "А-76" буде повністю припинено. У такому разі проведення випробувань вогнегасників, піноутворювачів для гасіння пожеж, вогнегасних порошків тощо згідно з вимогами чинних у теперішній час національних стандартів України стане неможливим.

На жаль, н-гептан має високу вартість, а нафтопродукти, які б за властивостями відповідали вимогам до пального, встановленим стандартами [5, 6], в Україні та інших державах СНД не виробляються. Одним з найбільш близьких до такого пального за показниками якості і таким, що широко використовується, є бензин-розчинник для гумової промисловості (нафтовий розчинник) "Нефрас С-2-80/120". Його вартість у декілька разів менша за вартість н-гептану, а вимоги до показників якості цього розчинника мало відрізняються від норм, встановлених для пального стандартами [5, 6].

З метою визначення можливості використання розчинника "Нефрас С-2-80/120" як пального під час проведення випробувань замість автомобільного бензину та н-гептану, тобто підвищення достовірності результатів випробувань зі збереженням їх прийнятної вартості, проведено дослідження з визначення параметрів горіння макетних вогнищ пожежі класу В з використанням як пального зазначених горючих рідин.

Під час експериментів визначали швидкість їх вигорання, зміну температури середовищ у різних точках макетних вогнищ пожежі, а також щільність теплового потоку у процесі вільного горіння. Як макетні вогнища пожежі використовували циліндричні сталеві дека з висотою бортів  $(200 \pm 5)$  мм, у які заливали воду і пальне з таким розрахунком, щоб висота шару води дорівнювала  $(20 \pm 1)$  мм, висота шару пального –  $(30 \pm 1)$  мм. Для визначення швидкості вигорання здійснювали безперервне зважування макетних вогнищ пожежі, встановлених на ваговій платформі з тензодатчиками, яку підключали до потенціометра типу "КСТ". Для визначення температури використовували термометри ТХА, тепловий потік фіксували за допомогою приймачів "ПП". Для збирання та оброблення інформації ви-

користували інформаційно-вимірювальну систему “Термоконт” на базі аналогово-цифрових перетворювачів типу “ADAM” та “ICP-CON”.

Результати досліджень наведено у табл. 1, 2. Як видно, теплові режими горіння і швидкість вигорання н-гептану та розчинника “Нефрас С-2-80/120” мало відрізняються між собою, що пояснюється близькістю властивостей цих горючих рідин.

Під час горіння бензину “А-76” розвивається більш висока температура, швидкість його вигорання у стаціонарному режимі вища за швидкість вигорання двох інших досліджених горючих рідин. Величини густини теплового потоку під час горіння н-гептану та розчинника “Нефрас С-2-80/120” також мало відрізняються між собою, у той час як під час горіння бензину вона суттєво нижча.

**Таблиця 1** – Результати досліджень з визначення швидкості вигорання і температури полум’я під час вільного горіння горючих рідин у макетному вогнищі пожежі діаметром  $(624 \pm 5)$  мм

Пальне	Швидкість вигорання, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) \cdot 10^2$			Усереднене значення температури над центральною частиною дека на висоті, що дорівнює половині його діаметра, у період часу від 100-ї секунди до 400-ї секунди вільного горіння, °С
	усереднене значення за перші 30 с горіння	усереднене значення за весь проміжок часу горіння	у стаціонарному режимі горіння	
н-гептан	2,18	5,11	5,42	653
“Нефрас С-2-80/120”	3,27	5,46	5,56	714
бензин “А-76”	3,27	5,55	6,42	778

**Таблиця 2** – Результати досліджень з визначення густини теплового потоку під час вільного горіння горючих рідин у макетному вогнищі пожежі діаметром  $(739 \pm 5)$  мм (усереднене значення за період часу від 30-ї до 60-ї секунди вільного горіння)

Пальне	Усереднене значення густини теплового потоку, $\text{кВт}/\text{м}^2$ , виміряне за допомогою датчика, розташованого на висоті	
	1,00 м	1,50 м
н-гептан	1,53	2,71
“Нефрас С-2-80/120”	1,48	2,47
бензин “А-76”	1,06	1,64

Вогнегасну ефективність піни низької та середньої кратності, генерованої з робочих розчинів ряду піноутворювачів загального та спеціального призначення, оцінювали за показниками тривалості гасіння модельних (макетних) вогнищ пожежі, проміжків часу до їх повторного займання після встановлення тигля повторного запалювання, показника вогнегасної здатності, а також критичної інтенсивності подавання робочих розчинів. Дослідження проводили за стендовими методиками з використанням повірених засобів вимірювальної техніки та метрологічно атестованого випробувального обладнання. Під час до-

слідів піну низької кратності подавали як “жорстким”, так і “м’яким” способом. “Жорстке” подавання піни передбачає її потрапляння безпосередньо на поверхню рідини, що горить, у той час як “м’яке” подавання передбачає стікання піни на поверхню рідини з твердої поверхні (у даному випадку металевої пластини). Для приготування робочих розчинів піноутворювачів використовували як питну воду, так і модель морської води, склад якої встановлено [5, 6]. У дослідях з використанням моделі морської води як розчинника для приготування робочих розчинів її наливали також у дека макетних вогнищ пожежі. Під час дослідів з визначення вогнегасної ефективності піни середньої кратності використовували циліндричні металеві дека з висотою стінок ( $100\pm 5$ ) мм, у які заливали пальне шаром висотою ( $20\pm 1$ ) мм. Піну подавали у центральну частину макетного вогнища безпосередньо з піногенератора. Досліди з визначення тривалості гасіння модельних вогнищ пожежі 55В1 і 144В1, показників вогнегасної здатності за класом пожежі В і проміжків часу до повторного займання проводили згідно з процедурами, регламентованими [1, 2]. Результати цих досліджень наведено у табл. 3-6.

Як видно, вогнегасна ефективність та ізолювальна здатність піни, що приблизно однакові у разі використання як пального н-гептану та розчинника “Нефрас С-2-80/120”, нижчі у випадку використання бензину марки “А-76”. Це справедливо для всіх досліджених піноутворювачів під час гасіння як піною низької кратності, так і піною середньої кратності. Інакше кажучи, бензин погасити важче, ніж н-гептан чи розчинник “Нефрас С-2-80/120”.

**Таблиця 3** – Результати досліджень з визначення показників тривалості гасіння піною низької кратності, генерованою з робочих розчинів піноутворювачів, та проміжку часу до повторного займання

Назва піноутворювача	Пальне	Розчинник для приготування робочого розчину	Спосіб подавання піни	Тривалість подавання піни, с	Діаметр макетного вогнища пожежі, мм	Інтенсивність подавання робочого розчину, $\text{дл}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Тривалість гасіння, с (середнє значення)	Проміжок часу до повторного займання, с (середнє значення)
"S.F.P.M. 6/6"	н-гептан	питна вода	"жорсткий"	180	624±5	0,041±0,001	58,8	655,8
	"Нефрас С-2-80/120"	питна вода	"жорсткий"	180	624±5	0,041±0,001	61,9	705,3
	бензин "А-76"	питна вода	"жорсткий"	180	624±5	0,041±0,001	100,9	286,7
	бензин "А-76"	питна вода	"жорсткий"	180	739±5	0,029+0,001	111,3	522,3
	"Нефрас С-2-80/120"	питна вода	"жорсткий"	180	739±5	0,029+0,001	141,4	208,5
	"Нефрас С-2-80/120"	питна вода	"жорсткий"	180	739±5	0,029+0,001	79,1	755,0
"Stamex-AFF 6% F-15"	бензин "А-76"	питна вода	"жорсткий"	180	739±5	0,029+0,001	87,1	406,9
	"Нефрас С-2-80/120"	модель морської води	"жорсткий"	180	739±5	0,029+0,001	194,1*	518,4
	"Нефрас С-2-80/120"	модель морської води	"м'який"	300	739±5	0,029+0,001	376,1*	426,3
	н-гептан	питна вода	"жорсткий"	180	739±5	0,029+0,001	121,4	619,3
"Fluoropolydol"	"Нефрас С-2-80/120"	питна вода	"жорсткий"	180	739±5	0,029+0,001	174,6	773,0
	бензин "А-76"	питна вода	"жорсткий"	180	739±5	0,029+0,001	414,0*	438,9
	"Нефрас С-2-80/120"	модель морської води	"жорсткий"	180	739±5	0,029+0,001	167,5	637,0
	"Нефрас С-2-80/120"	модель морської води	"м'який"	300	739±5	0,029+0,001	156,1	647,0

\*Примітка. Гасіння полум'я наставало після припинення подавання піни.



**Таблиця 4** – Результати досліджень з визначення тривалості гасіння та критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів під час гасіння піною середньої кратності

Назва піноутворювача	Пальне	Діаметр макетного вогнища пожежі, мм	Інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Тривалість гасіння, с (середнє значення)	Критична інтенсивність подавання робочого розчину, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$
“ПО-ЗНП”	н-гептан	258,7±3,4	0,038 ± 0,002	56,3	0,034 ± 0,002
		267,6±3,3	0,036 <sup>+0,001</sup> <sub>-0,002</sub>	140,7	
		280,8±1,8	0,033 <sup>+0,001</sup> <sub>-0,002</sub>	не погашено	
	“Нефрас С-2-80/120”	258,7±3,4	0,038 ± 0,002	63,8	0,034 ± 0,002
		267,6±3,3	0,036 <sup>+0,001</sup> <sub>-0,002</sub>	149,2	
		280,8±1,8	0,033 <sup>+0,001</sup> <sub>-0,002</sub>	не погашено	
бензин “А-76”	258,7±3,4	0,038 ± 0,002	118,9	0,037 ± 0,002	
	267,6±3,3	0,036 <sup>+0,001</sup> <sub>-0,002</sub>	не погашено		
“Сніжок-1”	“Нефрас С-2-80/120”	339,4±2,1	0,022 ± 0,001	259,8	0,021 ± 0,001
		358,2±5,7	0,020 ± 0,001	не погашено	
	бензин “А-76”	339,4±2,1	0,022 ± 0,001	не погашено	не визначали

**Таблиця 5** – Результати досліджень з визначення тривалості гасіння модельного вогнища пожежі 55В1 за інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача “ТЭАС” ( $0,038 \pm 0,004$ )  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  і показника вогнегасної здатності за класом пожежі В (підклас В1) під час гасіння піною середньої кратності

Пальне	Тривалість гасіння, с (середнє значення)	Показник вогнегасної здатності, $\text{кг}/\text{м}^2$ (середнє значення)
бензин “А-76”	65,1	2,54
“Нефрас С-2-80/120”	48,6	1,90

**Таблиця 6** – Результати досліджень з визначення тривалості гасіння модельного вогнища пожежі 144В1 за інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача “Tridol 6 – 10°С” ( $0,042 \pm 0,002$ )  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , показника вогнегасної здатності за класом пожежі В (підклас В1) під час гасіння піною низької кратності, а також проміжку часу до повторного займання

Пальне	Тривалість гасіння, с (середнє значення)	Показник вогнегасної здатності, $\text{кг}/\text{м}^2$ (середнє значення)	Час повторного займання, с
бензин “А-76”	128,5	5,4	281,5
“Нефрас С-2-80/120”	100,8	4,2	649,0

Враховуючи одержані результати, можна зробити висновок про можливість використання розчинника “Нефрас С-2-80/120” як пального для проведення випробувань піноутворювача

чів замість н-гептану чи суміші аліфатичних вуглеводнів, яка відповідає вимогам [5, 6]. Заміна бензину автомобільного марки “А-76”, хімічний склад різних зразків якого може суттєво відрізнятися, на нафтовий розчинник “Нефрас С-2-80/120” дасть змогу підвищити достовірність та відтворюваність результатів випробувань піноутворювачів для гасіння пожеж.

Результати проведених досліджень буде використано під час розроблення змін до національних стандартів [1, 2], також розроблення національних стандартів, гармонізованих з [5] чи [6], а також інших нормативних документів.

### **Бібліографічний список**

БДСТУ 3789-98 Піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.

ДСТУ 4041-2001 Піноутворювачі спеціального призначення, що використовуються для гасіння пожеж водонерозчинних і водорозчинних горючих рідин. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.

ДСТУ 3412-96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до випробувальних лабораторій.

ДСТУ ISO/IEC 17025-2001 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.

ISO 7203:1994 Fire extinguishing substances – Foam concentrates.

EN 1568:2001 Fire extinguishing substances – Foam concentrates.

© Боровиков В.О., Згуря В.І., Слуцька О.М., Чеповський В.О., 2007

УДК 581: 725.4: 712.4 (477.60)

### **ГОЛЕВИЧ Е.В., САФОНОВ А.И.(ДОННУ) ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПРИРОДНОЙ ФЛОРЫ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

*Установлена возможность и целесообразность проведения ботанико-экологического анализа состояния видов растений, которые в определенных неблагоприятных условиях произрастания характеризуются дополнительно еще и эстетической ценностью.*

В условиях возрастающего влияния мощно развитой промышленности Донецкого региона важное экологическое, экономическое и эстетическое значение имеют зеленые насаждения, которые способны уменьшить техногенное давление на природную среду. Под действием антропогенной нагрузки закономерными являются изменения флоры и растительности. Зеленые насаждения, состоящие чаще всего из высокодекоративных видов и требующие тщательный и заботливый уход, не выдерживают неблагоприятные факторы техногенного происхождения. Поэтому при создании искусственных фитоценозов и фитоценозов «полуприродного содержания» возникает необходимость использовать виды природной флоры, которые имеют комплекс структурно-физиологических приспособлений к стрессовым условиям антропогенного окружения.

Решение проблемы расширения ассортимента видов растений природной флоры, которые могут быть вовлечены в процесс озеленения, является одним из направлений ботанических исследований [1-5].

По нашему мнению, интересную группу растений для использования в зеленых насаждениях регионов со сложной экологической ситуацией представляют сорно-рудеральные виды. Эта группа растений характеризуется быстрым ростом, значительным расселением и способностью приспосабливаться к сложным условиям существования [6-9].

Цель работы – ботанико-экологическая оценка видов природной флоры региона, которые в определенных неблагоприятных условиях произрастания характеризуются дополнительно еще и эстетической ценностью.

В эксперимент были включены ландшафты Донецкой области.

Основой территориальных исследований были выбраны некоторые элементы классификационной схемы для различных групп растений, предложенная И.И. Сикурой и В.В. Капустяном в 2003 г. [10]:

во дворах, на полянах около домов (*curiobotanika*)

на свалках вокруг строений (*sterquilobotanika*)

на промышленных территориях (*sepulcrobotanika*)

вокруг мемориалов (*monumento=edificobotanika*)

на развалинах, руинах (*moenobotanika*).

В промышленно развитых регионах, таких как Донбасс, особенно ощутимо широкомасштабное антропогенное воздействие на природные экосистемы и биологические объекты. В результате происходят большей частью невозвратимые изменения экологических факторов среды, которые, в свою очередь, приводят к коренным трансформациям существующих экотопов и к возникновению новых, ранее неизвестных. Техническая и технологическая деятельность человека выступает мощным антропогенным фактором, под влиянием которого возникают так называемые антропогенные экотопы [11, 12]. Вопросу типификации и классификации антропогенных экотопов уделено значительное внимание в современной науке.

Так, например, Лаптев А.А. [13], анализируя биогеоценотическое покрытие современного городского ландшафта, выделяет следующие группы экотопов:

лесных и лесопарковых массивов пригородной зоны;

городских парков, садов, скверов;

жилых массивов старой застройки;

жилых массивов современной застройки;

на территориях промышленных предприятий санитарно-защитных зон вокруг них;

автотранспортных систем;

экотопы, образованные на намывных песках;

на карьерных выработках;

овражно-балочных систем и природных отслоений.

В основе классификации техногенных ландшафтов Донбасса лежит степень преобразованности и измененности экологических факторов и продуктивности естественно формирующихся фитоценозов. Наиболее оптимальной для характеристики антропогенных экотопов мы находим элементы типификации антропогенно измененных местообитаний на юго-востоке Украины, разработанная А.З. Глуховым, А.И. Хархотой, А.С. Назаренко, А.Ф. Лихановым. Среди антропогенных экотопов были выделены следующие типы [11]:

собственно техногенные экотопы - промышленные пустыри и свалки;

экотопы с полностью преобразованными эдафотопами - карьерно-отвалы ландшафты, отвалы угольных шахт;

промплощадки предприятий - металлургических, химических, коксохимических;

экотопы путей сообщения - автодороги, железные дороги;

селитебные – районы жилой застройки, пустыри, свалки бытового мусора;

культурфитоценозы – посадки, газоны, агрофитоценозы.

Техногенное загрязнение окружающей среды в локальных масштабах достигает уровня экологически значимого фактора, лимитирующего выживание многих видов растений.

Ухудшение состояния и роста растений, особенно в промышленных регионах, вызвано воздействием всего комплекса неблагоприятных условий: повышением концентрации загрязняющих веществ, уменьшением инсоляции, повышением температуры, понижением влажности воздуха и почвы и др.

В отношении выработки приспособлений растения городов и промышленных районов находятся в весьма невыгодном положении по сравнению с растениями естественных (пусть даже и очень трудных) местообитаний. Если во втором случае адаптации к неблагоприятным условиям формировались в ходе эволюционного процесса, в течение многих тысячелетий, то в первом - растения не выработали специальных механизмов адаптации. Ведь антропогенные и тем более техногенные влияния в жизни органического мира — фактор совсем новый, не имеющий аналогий в природе.

Выживание растений на техногенно загрязненных территориях обеспечивается за счет определенной надежности, лабильности, репарационных и преадаптационных возможностей их функциональных систем, способности живых организмов к биохимической и экологической адаптации.

Реакция растений в условиях загрязнения носит двухфазный характер. В первой фазе наблюдается усиление активности функциональных приспособительных реакций. Для второй типично угнетение метаболических процессов, причем пороговая величина действующего фактора зависит от видовой или индивидуальной устойчивости растения. Соотношения этих двух фаз в экстремальных условиях свидетельствует об устойчивости растений. У более устойчивых видов первая фаза носит более продолжительный и стабильный характер, тогда как у неустойчивых она менее выражена. Наиболее устойчивыми и неприхотливыми к действию техногенных загрязнителей оказываются растения естественных местообитаний с тяжелыми экологическими условиями. Например, галофиты или виды с галофильными признаками.

Таким образом, повышенная устойчивость растений к городским условиям обеспечивается, прежде всего, не выработкой новых адаптивных свойств, а проявлением приспособлений, развившихся ранее, в естественной среде, для защиты от различных экологических невзгод и оказавшихся полезными в новых жестких условиях [1, 6, 10].

Загрязнение окружающей среды в региональных масштабах промышленного юго-востока Украины ограничивает ассортимент растений, используемых в зеленом строительстве промышленных городов, снижает эстетические качества и уменьшает продолжительность жизни растений, создает заметные и часто неразрешимые трудности в озеленении территорий и санитарно-защитных зон крупных промышленных производств [7].

Антропогенные экотопы отличаются жесткими, экологически тяжелыми условиями для жизни растений. Результатами технической и технологической деятельности становятся нарушение или полное уничтожение естественного растительного покрова, перемещение и удаление различных слоев почвы, загрязнение воздуха, воды и грунта различными химическими примесями, образование большого количества открытых пространств, для которых характерно сильное нагревание и иссушение, ветер, а зимой и промерзание почвы [1-5, 11, 12].

Формирование флоры антропогенных экотопов является процессом синантропизации, для которого характерно замещение узкораспространенных видов космополитами; замена стенофитных видов (приуроченных к определенному сочетанию экологических условий), эврифитными (выносливыми к разным условиям); растений влаголюбивых — более ксерофитными. Если взглянуть на процесс синантропизации в глобальном масштабе, то можно сказать, что в целом она ведет к уменьшению разнообразия флоры, выравниванию географических, экологических и исторически сложившихся различий — всеобщему обеднению и унификации растительного мира [7].

Колонизация растениями антропогенных экотопов происходит в три фазы: попадание диаспор, их прорастание и выживание, формирование популяций и клонов. Эти фазы являются, по существу, первой стадией формирования растительного покрова. Последующие стадии естественного зарастания техногенных земель определяются возрастом, составом грунтосмесей последних, характером окружающего растительного покрова [4].

Одними из основных признаков флоры антропогенных экотопов является ее крайняя бедность, сукцессионная динамичность и непостоянство состава. Большое значение в образовании флоры техногенных местообитаний (отвалы, карьеры, промплощадки) со специфическими экологическими условиями, часто неблагоприятными для произрастания растений, имеет почти полное отсутствие конкуренции со стороны аборигенных растений. В формировании флоры антропогенных экотопов одна из главных ролей принадлежит местным и адвентивным сорно-рудеральным видам растений за счет их широкой амплитуды и экологической пластичности.

Сорные растения и образуемые ими сообщества часто произрастают там, где естественная растительность уничтожена или сильно преобразована человеком. Четкой границы между сорной растительностью как типом, свойственным вторичным местам обитания, и пионерной, представляющей первые этапы заселения новых территорий и формирования фитоценозов, провести невозможно [4, 7, 10].

Среди травянистой флоры пустырей и свалок промышленных и жилых территорий большое количество рудеральных растений. Многие рудералы первыми поселяются на нарушенных участках и «новых» субстратах — это так называемые растения пионеры, или первопоселенцы. Рудеральные растения выносливы к нелегким условиям среды - жару, засухе, холоду. Стоит отметить, что многие рудеральные виды и сорняки без особого труда переносят индустриальные загрязнения воздуха почвы. Вместе с тем некоторые рудералы довольно требовательны к содержанию в почве азота, поэтому охотно поселяются на участках, где в почве много органических остатков (свалки бытового мусора). Среди таких нитрофилов (азотолобов) — крапива, чистотел, лебеда и другие. Рудеральные растения укрепляют откосы и обочины дорог, препятствуют развеванию почвы и мусора ветром, способствуют зарастанию свалок и пустырей. Пионерные рудеральные растения отличаются способностью к быстрому разрастанию, но не выносят конкуренции — для них губительны затенение, задернение почвы и иные влияния со стороны растений-соседей. Поэтому они сравнительно недолго удерживаются на занятых местах — пока не произойдет заселение территории другими видами [7].

Широкое распространение на антропогенных территориях получили адвентивные растения, для которых характерна широкая экологическая амплитуда. Наиболее часто адвентивные растения поселяются на свалках, пустырях, по обочинам дорог, железнодорожным насыпям [9, 16].

Английский ботаник Дж. Грайм, предлагая классификацию жизненных стратегий растений, наряду с выносливостью к суровым условиям подчеркивает такие черты сорно-рудеральных растений, как способность производить огромное количество семян и агрессивность - быстрое разрастание и занятие территории. Еще раньше выдающийся геоботаник Л. Г. Раменский называл растения с этой стратегией «шакалами», отводя им в фитоценозах роль видов, быстро заполняющих те или иные прорехи в растительном покрове. Но если в естественных сообществах, где все давно сложилось и хорошо подогнано, возможности поселения и процветания сорно-рудеральных видов ограничены, то на пустырях для них простор, здесь их не сдерживают никакие конкуренты, а трудные условия не останавливают [5].

Отвалы горнорудных карьеров и каменноугольных шахт представляют собой уникальные потенциальные экологические ниши, где практически исключается действие такого мощного лимитирующего фактора развития растительных сообществ, как конкуренция за пространство, условия и ресурсы. Поскольку отвалы располагаются, как правило, в природных экосистемах и окружены естественной растительностью, темпы спонтанного зарастания определяются степенью доступности (токсичности) субстратов для поселения растений, флористическим составом сопредельных сообществ, особенностями распространения семян и продуктивностью растений, их требовательностью к эдафическим условиям [10]. Растительный покров карьерно-отвальных комплексов отличается фрагментарностью, растения размещены группами и единично, покрывая в среднем 15 – 20 % поверхности.

Пионерами обычно являются рудеральные и полевые сорняки широкой экологической амплитуды, а затем появляются зональные степные и петрофильные виды [1].

Травянистый покров терриконов отличается от травянистого покрова окружающих территорий меньшим участием злаков и более низким покрытием [7]. Пионерными растениями являются анемохорные однолетники: резеда желтая, солянка русская и горец птичий, которые с улучшением эдафических условий постепенно образуют небольшие куртинки, разбросанные по поверхности терриконика. Поселяющиеся первыми на террикониках травянистые растения относятся к выносящим засоление и кислую реакцию почвы. В центре города в связи с сплошным покрытием почвы асфальтом и тротуарной плиткой, плотной застройкой, интенсивным движением транспорта складываются неблагоприятные условия для произрастания растений. И тем не менее в черте города можно встретить достаточное количество видов растений, спонтанно поселившихся в самых неожиданных местах: расщелине между облицовочными камнями, трещине в асфальте, в щелях между тротуаром и стеной дома, в которых могут скапливаться пыль и почвенные частицы.

Нередко различные травянистые виды растут на каменных стенах и оградах, и притом многие укореняются здесь надолго (разумеется, многолетники). Мелкие всходы деревьев и кустарников поселяются на памятниках. Иногда небольшие кустарники и даже деревца вырастают на необычной для них высоте — на балконах и выступах стен, под окнами мансард, на крышах и кирпичных трубах. Интересную группу городских поселенцев составляют растения — «взломщики асфальта». Наиболее мощные взломщики — всходы и корневая поросль деревьев, особенно тополей, а также пырей ползучий, бодяк полевой, полынь горькая, одуванчик лекарственный [12].

Состав растений спонтанно поселяющихся на откосах железнодорожных и автомобильных насыпей схожи: мятлик сплюснутый, пырей ползучий, пижма обыкновенная, шалфей мутовчатый и т.д. между шпал железнодорожного полотна встречаются низкорослые растения вьюнка полевого, солянки иберийской, куриного проса, спорыша, мелколепестника канадского, мари белой [9].

Естественная растительность техногенных экосистем по флористическому и фитоценоотическому составу носит зональный отпечаток. В ее формировании принимают участие, кроме эвритопных сорных видов, типичные степные, петрофильные, опушечно-лесные и луговые растения [1]. В спектре семейств данной флоры на Украине первых три места занимают, как и в зональной флоре, *Asteraceae*, *Poaceae*, *Brassicaceae*, на четвертом месте оказывается *Boraginaceae*, на пятом — *Fabaceae*, а последующие места занимают следующие семейства, содержащие сорные виды: *Lamiaceae*, *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae* и другие [4].

В промышленно развитых регионах с тяжелой экологической ситуацией становится актуальной проблема улучшения состояния окружающей среды. Одним из способов оптимизации окружающей среды является создание зеленых насаждений. Выбор ассортимента декоративных растений для озеленения основывается на хозяйственно-биологических особенностях растений и их декоративных качествах.

В современной ботанической науке четкое определение декоративности растений отсутствует. При описании и оценке декоративности растений наибольшее значение уделяют декоративным качествам и признакам. Так, например, Р.И. Пельтихина и И.И. Крохмаль выделяли следующие признаки [14]:

окраска, форма и размер цветка;

количество лепестков;

соцветие (форма, плотность и размер соцветия, высота прочность цветоноса);

количество одновременно открытых цветков на растении (интенсивность цветения);

габитус (высота, форма, окраска листа, декоративность листьев);

аромат и оригинальность;

общее состояние растения.

В.Н. Былов [15] также отводил ведущую роль таким показателям, определяемым по субъективным впечатлениям, как окраска цветка, изящество формы, пропорциональность частей, аромат.

При оценке хозяйственно-биологических свойств во внимание принимают следующие показатели [14]:

способность к размножению (степень разрастания, способность образовывать стеблевые черенки);

продуктивность, характер и тип цветения;

длительность цветения и вегетационного периода;

устойчивость к неблагоприятным условиям (засухоустойчивость, зимостойкость);

повреждаемость болезнями и вредителями.

Немаловажными также оказываются стойкость к эдафическим условиям и резистентность к резким перепадам температур.

Среди диких растений местной флоры есть немало видов, отличающихся декоративностью, устойчивостью к сухому климату, поэтому представляют большой интерес исследования по использованию диких растений в озеленительной практике. Общепринятые критерии пригодности растений для использования их в загрязненных районах – устойчивость к поллютантам и емкость их поглощения, декоративность, фитомелиоративные и иные хозяйственные качества, стоимость создания насаждений и их возобновление. При использовании растений природной флоры, которые характеризуются самозанесением, самозаращением или самообрастанием, большинство из описанных выше требований не есть лимитирующими.

Некоторые виды природной флоры Украины представляют собой благодатный материал для озеленения мест, в которых культурные растения не способны выживать: автострады, лесополосы, лесопарки, известняковые и меловые склоны, каменистые и глинистые участки, пустыри, проспекты и перекрестки с интенсивным движением транспорта, участки с недостаточным увлажнением.

Таким образом, можно сделать вывод о значимости экологических особенностей растений при озеленении территорий с напряженной экологической обстановкой.

По предварительным рекогносцировочным данным в 2005 и 2006 гг. нами была установлена возможность проведения исследований в выбранном направлении.

Экспериментальные исследования проводились на территории Донецкой области. В соответствии с классификационной схемой для некоторых групп растений, которая была предложена Сикурой И. И. и Капустяном В. В. [10], были предварительно определены маршруты территориальных исследований:

улицы г. Донецка: ул. Щорса – ул. Розы Люксембург, пр-т Ватутина –

ул. Университетская – Киевский пр-т, ул. Обнорского - ул. Засядько - ул. Собинова;

железнодорожное полотно в районе ж/д станции Острый (~ 1 км);

терриконик шахты «Островской» (Донецкая обл., Марьинский р-н), терриконик шахты «Бутовская - Донецкая» (в настоящее время – шахта «Путиловская»).

Результатом территориальных исследований стала выборка растений для первичного анализа флоры, гербарные образцы растений и фотоматериал с исследуемых экотопов.

Выборка растений представлена 31 видом, которые в определенных местопроизрастаниях дополнительно выполняли еще и некоторую эстетическую функцию. Для этих растений был составлен первичный систематический список растений с распределением их по биологическим элементам флоры.

Важными показателями считаем признаки фитоценотического значения, причем в данном случае наиболее корректным, по нашему мнению, будет использование классификационных групп растений по Г. М. Зозулину [16], где предусматривается распределение растений на пять групп в зависимости от их способности захватывать и удерживать площади произрастания.

Таблица 1

Систематический список некоторых видов с распределением их по биологическим элементам флоры

№ п/ п	Названия растений (латинские и русские)	Элементы флоры			
		жизненные формы	экологиче- ские типы	ценотипи- ческие гру- ппы	хоз. зна- чение
Сем. 1. <i>Papaveraceae</i> - Маковые					
1	<i>Chelidonium majus</i> L. – чистотел большой	h, к/крнщн., 30-60 см, IV- IX	олиготроф; эумезофит; сциоумбро- фит	сорно- лесная	лек., вит., яд. , сор.
Сем. 2. <i>Brassicaceae (Cruciferae)</i> – Капустные (Крестоцветные)					
2	<i>Diplotaxis muralis</i> (L.) DC. - двурядка стенная	стр/к., 20-40 см, VI-VII	мезотроф; еу- ксерофит; ге- лиоумброфит	петрофитно- сорно – рудеральная	сор.
Сем. 3. <i>Resedaceae</i> - Резедовые					
3	<i>Reseda lutea</i> L. – резеда желтая	стр/к., к/пар., 30-60 см, VI- VIII	еутроф; ксе- ромезофит; гелиофит	сорно- луговая	лек., сор. , мед.
Сем. 4. <i>Onagraceae</i> - Кипрейные					
4	<i>Epilobium parviflorum</i> Schreb. – кипрей мелкоцветко- вый	h, к/крнщн., 20-60 см, VI- IX	мезотроф; ги- громезо-фит; умброгелио- фит	лугово- болотная	мед.
Сем. 5. <i>Rubiaceae</i> - Мареновые					
5	<i>Galium aparine</i> L.- по- дмаренник цепкий	50-200 см., V-IX	эутроф; ксе- ромезофит; сциогелиофит	сорно- лесная	корм., крас., сор.
6	<i>Galium humifusum</i> Vieb. – подмаренник распро- стертый	h, к/крнщн., 20-100 см, VI- VIII	мезотроф; эу- ксерофит; ге- лиофит	петрофитно- степная	лек., крас., корм., дек.
Сем. 6. <i>Convolvulaceae</i> - Вьюнковые					
7	<i>Convolvulus arvensis</i> L. - вьюнок полевой	h, стр/к., к/пар., вью- щеся, 30-100 см, V-IX	мезотроф; ксеромезо- фит; умброге- лиофит	сорно- рудеральная	лек., мед., пищ., сор.
Сем. 7. <i>Boraginaceae</i> - Бурачниковые					
8	<i>Echium vulgare</i> L. – си- няк обыкновенный	стр/к., 30-70 см, VI-IX	олиготроф; мезоксеро- фит; гелиофит	сорно- степ- ная	мед., яд., вит., сор.
Сем. 8. <i>Solanaceae</i> - Пасленовые					
9	<i>Solanum schultesii</i> Oriz. – паслен Шульте- за	стр/к., 20-50 см, VI-IX	мезотроф; эу- мезафит; умброгелио- фит	сорно- рудеральная	лек., пищ., сор.



В общей сложности большинство видов принадлежит к группе ирруптивных растений – 45 % видов раб очей выборки. Данные ниже представлены в виде диаграммы (рис. 2. 2. 1.).

рестативные растения (растения, которые в случае уничтожения надземной части, возобновляются из спящих почек и таким образом удерживают местопроизрастания за собой), например, *Linaria macroua* (P.B.), *Galium humifusum* Bieb., *Picris hieracioides* L.; 23 % нашей экспериментальной выборки;

ирруптивные растения (не только способные к вегетативному возобновлению при гибели надземной части, но и к захвату новых площадей существования с помощью новых побегов), например, *Convolvulus arvensis* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Tanacetum vulgare* L.; 45%;

вагативные растения (не удерживают за собой постоянных мест произрастания, «кочевники»), например, *Solanum schultesii* Opiz., *Eragrostis minor* Host., *Setaria viridis* (L.) P.B., *Reseda lutea* L.; 32%;

редетивные растения (неспособные удерживать места, где растут, если их надземная часть будет уничтожена) и инсидентные растения (эпифиты и паразиты, не занимающие отдельной площади) не представлены ни одним видом из рабочей выборки.

Семейства при составлении списка расположены в соответствии с системой Энглера, а роды и виды – в строго алфавитном порядке. Предварительный систематический список некоторых видов представлен в таблице.

На рисунках представлены экспозиции некоторых объектов эколого-ботанического анализа.





Рис.1. Растения придомовых территорий, непосредственно включенные в экстерьер построек, характеризуются спорадичностью, самозанесением, самообрастанием и эстетической ценностью.

## Выводы

1. Проведённый обзор литературы и рекогносцировочные данные указывают на необходимость изучения вопроса устойчивых к техногенному напряжению растений, которые дополнительно характеризуются специфическим эстетизмом. Рассмотрены основные антропогенные экотопы, изучена устойчивость растений данных экотопов к неблагоприятным условиям существования.
2. Результатом маршрутных исследований стала выборка растений для первичного анализа флоры, гербарные образцы растений и фотоматериал с исследуемых экотопов.
3. Составлен первичный систематический список растений с распределением их по биологическим элементам флоры.
4. Установлена возможность и целесообразность дальнейшего проведения ботанико-экологического анализа состояния видов растений, которые в определенных неблагоприятных условиях произрастания характеризуются дополнительно еще и эстетической ценностью.

## Библиографический список

- Кондратюк Е. Н., Тарабрин В.П., Бакланов В. И., Бурда Р.И., Хархота А. И. Промышленная ботаника. – Киев: Наук. думка, 1980. – 260 с.
- Антонюк Н. Е., Бородина Р. М., Стопкань В. В., Скворцова Л. С. Декоративные растения природной флоры Украины. – К.: Наук. думка, 1977. – 224 с.

- Тарасов В. В. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біологічна характеристика видів. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2005. – 276 с.
- Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. – Киев: Наук. думка, 1991. – 168 с.
- Кондратюк Е.Н., Бурда Р.И., Остапко В.М. Конспект флоры юго-востока Украины. Сосудистые растения. – Киев: Н.думка, 1985. – 272 с.
- Растения в экстремальных условиях минерального питания: Эколого-биологические исследования / Под ред. Школьника М. Я., Алексеевой-Поповой Н.В. – Л.: Наука, 1983. – 176.
- Соломаха В. А., Костильов О. Р., Шеляг-Сосонко Ю. Р. Синантропна рослинність України. – К.: Наук. думка, 1992. – 250 с.
- Интродукция растений в зеленое строительство в Донбассе. – К.: Наук. думка, 1970. – 164 с.
- Определитель высших растений Украины / Добрачева Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н. – Киев: Наук. думка, 1987. – 548 с.
- Сікура Й. Й., Капустян В. В. Інтродукція рослин. – Київ: Фітосоціоцентр, 2003. – 230с.
- Глухов А. З., Хархота А. И., Назаренко А. С., Лиханов А. Ф. Тератогенез растений на юго-востоке Украины / Донецкий ботан. сад НАН Украины. – Донецк: Норд Пресс, 2005. – 179с.
- Горышина Т.К. Растение в городе. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. – 152 с.
- Лаптев О. О. Екологічна оптимізація біогеоценотичного покриву в сучасному урболандшафті. – К.: Укр. екол. акад. наук, 1998. – 208 с.
- Пельтихина Р. И., Крохмаль И. И. Интродукция видов и сортов рода *Hemerocallis* L. (*Hemerocallidaceae* R. Br.) в Донбасс и перспективы их использования в декоративном садоводстве. – Донецк: Норд-Пресс, 2005. – 236 с.
- Былов В. Н. Основы сравнительной оценки декоративных растений // Интродукция и селекция цветочно-декоративных растений. – М.: Наука, 1978. – С. 7 – 32.
- Жизнь растений: Введение, бактерии и актиномицеты. – Т. 1. – М.: Просвещение, 1974. – 487 с.
- © Голевич Е.В., Сафонов А.И., 2007

УДК 504.5+614.31]:546.3-022.17

**ИВАНИЦКАЯ Н.Ф., СТЕПАНОВА М.Г, КВАШЕНКО В.П., БРАГИН Ш.Б. (ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. ГОРЬКОГО)  
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ  
ОБЪЕКТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА**

*По данным многолетнего мониторинга проведена гигиеническая оценка загрязнения тяжелыми металлами объектов окружающей среды и продуктов питания Донецкой области. Определены приоритетные тяжелые металлы - загрязнители атмосферного воздуха, воды и почвы. Установлена достоверная положительная корреляционная связь между содержанием тяжелых металлов в воде и почве и накоплением их в продуктах питания.*

Особую важность проблема антропогенного загрязнения тяжелыми металлами экологической среды приобретает в Донецкой области, на территории которой расположены крупные промышленные предприятия черной и цветной металлургии, металлообработки, машиностроения, добычи и обогащения каменного угля, химии и коксохимии, тепловые электростанции, которые относятся к наиболее мощным источникам поступления этих

веществ в биосферу. Кроме этого, Донецкая область занимает первое место в Украине по плотности населения, степени урбанизации, густоте транспортных коммуникаций, следствием чего является дополнительное поступление в окружающую среду значительных количеств тяжелых металлов [1]. Накопление данных ксенобиотиков в объектах экологической среды и способность перемещаться по трофическим цепям во многом определяет их содержание в живых организмах, в том числе и человека [2,3].

*Целью* настоящего исследования явилось изучение распространенности и оценка содержания тяжелых металлов в атмосферном воздухе, воде, почве и продуктах питания Донецкой области.

*Материалы и обсуждение.* Нами проведен анализ данных 25-летнего мониторинга за содержанием тяжелых металлов в экологической среде региона. Согласно полученным результатам изучаемые ксенобиотики содержатся во всех исследуемых объектах экологической среды Донецкой области, однако, характер и степень загрязнения ими существенно различаются. Это обуславливается как спецификой образования и поступления их в экологическую среду, так и физико-химическими свойствами анализируемых ксенобиотиков. К наиболее распространенным из них следует отнести свинец, цинк, медь, никель, марганец, хром и кадмий. В наибольших количествах они накапливаются в почве (11,3-71,4% проб с превышением ПДК, кратность превышения ПДК от 0,32 до 4,76) и питьевой воде подземных водоисточников (0,0-62,9%, 0,39-4,87 раза соответственно). В питьевой воде поверхностных водоисточников (0,0-36,9%, 0,31-1,71 раза соответственно) и атмосферном воздухе (0,0-40,1%, 0,06-3,53 раза соответственно) населенных мест изучаемые ксенобиотики находятся в гораздо меньших количествах. Наиболее часто в объектах окружающей среды определялись в повышенных концентрациях свинец (14,6 – 55,8% проб, не соответствующих гигиеническим регламентам), марганец (36,9 – 68,9%), хром (16,5 – 71,4%) и кадмий (5,1 – 43,8%).

Оценивая контаминацию тяжелыми металлами отдельных компонентов биосферы Донецкого региона, необходимо отметить следующие особенности. Значительно чаще других металлов определяются в высоких концентрациях в атмосферном воздухе населенных мест Донецкой области марганец (40,1% проб с превышением ПДК) свинец (31,2%) и хром (18,2%). Не зарегистрировано ни одного анализа воздушного бассейна с отклонением от гигиенических регламентов по меди и никелю, а удельный вес проб с превышением ПДК по цинку и кадмию сравнительно невысок (5,1 – 8,0%). Среднее содержание тяжелых металлов в атмосферном воздухе региона превышает гигиенические нормативы лишь по марганцу (3,53 ПДК), свинцу (1,56 ПДК) и хрому (1,27 ПДК).

Питьевая вода поверхностных водоисточников содержит все изучаемые тяжелые металлы. Наибольший удельный вес ее анализов, не соответствующих гигиеническим регламентам, отмечен по марганцу (36,9% всех проб). Значения данного показателя для свинца, хрома и кадмия в 2 и более раз ниже (14,6 – 19,7%). Среднее содержание в питьевой воде поверхностных водоисточников таких металлов, как марганец, кадмий, свинец и хром не соответствовало гигиеническим требованиям (1,26 – 1,71 ПДК). Цинк, медь и никель ни разу не были обнаружены в концентрациях, превышающих ПДК.

Характер и степень загрязнения тяжелыми металлами питьевой воды подземных водоисточников в целом сходны с поверхностными. Так, ведущим ее загрязнителем также является марганец, однако уровень ее загрязнения гораздо выше - 62,9% всех анализов не соответствует гигиеническим требованиям, а среднее содержание находится на уровне 4,87 ПДК. Свинец, хром, никель, кадмий и медь выявлены в концентрациях, превышающих нормативное значение в 7,3 – 40,5% всех проб, однако среднее содержание лишь свинца, никеля и хрома не соответствует гигиеническим регламентам (1,19 – 1,73 ПДК).

Почвы Донбасса являются мощным резервуаром накопления тяжелых металлов. Так, среднее содержание большинства из них, за исключением меди, превышает нормативные и среднефоновые величины в 1,52 – 4,76 раза, а удельный вес проб, не соответствующих гигиеническим регламентам, составляет от 25,5% до 71,4%. Наиболее широко распро-

странены в высоких концентрациях в почвах хром (71,4% всех проб с превышением Сф) и марганец (63,2%), меньше других металлов – медь (12,4%).

Загрязнение тяжелыми металлами биосферы определяет их повышенное поступление в организмы растений и животных. В организм человека тяжелые металлы поступают как аэрогенным путем, так и с водой и пищей. Нами было изучено содержание тяжелых металлов в продуктах питания растительного и животного происхождения, наиболее часто употребляемых в пищу жителями нашего региона. К металлам, наиболее часто определяемым в высоких концентрациях в живых организмах Донецкого региона, относится свинец. Его характерной особенностью является большой уровень накопления в организмах животных (20,9 – 22,1% всех проб с превышением ПДК, среднее содержание на уровне 1,22 – 1,36 ПДК) по сравнению с растениями (высокие уровни регистрировались в овощах (картофель, свекла, репчатом луке) и фруктах (яблоки)).

Средние концентрации меди и никеля ни в одной из исследованных проб не превышают нормативных величин и составляют 0,13 – 0,73 ПДК, удельный вес анализов не соответствующих гигиеническим требованиям 0,00 – 10,1% и 0,24 – 1,0 ПДК, 0,00 – 12,6% соответственно.

К особенностям распределения марганца и цинка относятся большие уровни их накопления в растениях, чем в организмах животных. Так, практически во всех исследованных растениях (петрушка, морковь, картофель, свекла, капуста, лук репчатый), их содержание превышает установленный норматив в 1,26 – 1,88 ПДК по цинку и в 4,55 – 6,51 ПДК по марганцу, а удельный вес проб не соответствующих гигиеническим требованиям, составляет 35,2 – 56,1% (цинк) и 46,5 – 64,3% (марганец). В молоке и мясе средние концентрации марганца и цинка составляют 0,03 – 0,76 ПДК, причем практически все пробы этих продуктов соответствуют гигиеническим регламентам. Цинк превышает ПДК лишь в 8,9% проб молока.

Содержание хрома превышает установленные регламенты в овощах (1,56 - 2,75 ПДК) и зерновых культурах (1,19 ПДК), а удельный вес анализов с отклонением от гигиенических нормативов находится в пределах 42,7 – 61,3%. В продуктах животного происхождения среднее содержание хрома относительно невелико и составляет в среднем 0,38 – 0,44 ПДК, при этом превышения гигиенического регламента не зафиксировано ни в одной из проанализированных проб мяса и молока.

Отличительными особенностями накопления кадмия являются более высокие, по сравнению с другими металлами, концентрации в продуктах растительного (в овощных культурах - 4,27 – 8,13 ПДК, во фруктах – 1,2 ПДК) и животного (молоко – 0,54 ПДК, мясо – 0,79 ПДК) происхождения. При этом, обращает на себя внимание более низкое, по сравнению с хромом, марганцем и никелем, его содержание в зерновых культурах (0,95 ПДК).

Для выявления зависимости между содержанием тяжелых металлов в воде и почве, как основных источниках их поступления в живой организм, растительном сырье и продуктах питания, потребляемых жителями Донецкого региона, нами был проведен ранговый корреляционный анализ. Итоги данного исследования показали, что корреляционная связь средней и сильной значимости установлена между содержанием всех металлов в почве и продуктах питания. Это можно объяснить тем, что почва выполняет роль связывающего звена всех компонентов биосферы и биогеохимического барьера. Тяжелые металлы поступают в почву из воды, атмосферного воздуха, с минеральными удобрениями и пестицидами, что обуславливает их накопление в поверхностных горизонтах почвенного покрова и быструю антропогенную трансформацию. Анализируя полученные данные следует отметить, что содержание свинца и марганца по всем продуктам питания определяются их количеством как в почве, так и в воде. Для свинца наиболее значимым источником поступления является почва ( $r=+0,794 - 0,9$ ), а марганца - вода ( $r=+0,733 - 0,891$ ). Повышенное содержание никеля ( $r=+0,806-0,863$ ), хрома ( $r=+0,624 - 0,699$ ) и кадмия ( $r=+0,695 - 0,770$ ) в почве определяют их накопление в продуктах питания.

*Выводы.* Таким образом, проведенные исследования показали, что такие тяжелые металлы, как свинец, цинк, никель, марганец, хром и кадмий распространены во всех объектах окружающей среды Донецкого региона. В наибольших количествах они накапливаются в почве (0,3 – 4,8 ПДК) и подземных водоисточниках (0,4 – 4,9 ПДК). В поверхностных водоемах и атмосферном воздухе населенных мест их концентрация ниже (среднерегionalный уровень 0 – 3,5 ПДК). Установлена достоверная положительная корреляционная связь между содержанием тяжелых металлов в воде и почве и накоплением их в продуктах питания. Содержание их в пищевых продуктах, производимых из местного сырья достоверно ( $p < 0,05$ ) превышает гигиенические нормативы по свинцу (1,2 – 1,4 ПДК), цинку (1,3 – 1,9 ПДК), марганцу (3,8 – 6,4 ПДК), хрому (1,2 – 2,8 ПДК) и кадмию (1,2 – 9,9 ПДК). При этом установлено, что свинец накапливается преимущественно в продуктах животного происхождения, остальные металлы в продуктах растительного происхождения.

### **Библиографический список**

- Грищенко С.В., Агарков В.И., Степанова М.Г. Тяжелые металлы в биосфере Донецкой области. Атлас-справочник. – Донецк: ДонГМУ, 2003. – 144 с.
- Мудрый И.В. Короленко Т.К. Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на организм // Врачебное дело.- 2002.- №5 - 6.- С.6-10.
- Трахтенберг И.М. Тяжелые металлы как химические загрязнители производственной и окружающей среды // Довкілля та здоров'я. - 1997.- № 32.- С.48-51.

© *Иваницкая Н.Ф., Степанова М.Г, Квашенко В.П., Брагин Ш.Б., 2007*

### **ЮЗЕФ ПАРХАНЬСКИ (СИЛЕЗСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ, г.ГЛИВИЦЕ, ПОЛЬША, ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ, ИНСТИТУТ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ) МЕТОД КОЭФФИЦИЕНТНОЙ ОЦЕНКИ РИСКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА КАК ДОПОЛНЕНИЕ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА.**

*В статье охарактеризованы современные коэффициентные методы оценки уровня безопасности труда и их использование для оценки профессионального риска. Отмечена недостаточная точность и некоторые противоречия, свойственные этим методикам. Сформулировано определение случайного риска и представлена методика анализа результатов обработки несчастных случаев на каменноугольных шахтах Польши.*

#### **1. Введение**

Для оценки уровня травматизма и состояния безопасности труда в Польше, как и в других странах мира, используют коэффициентные методы, в которых используются показатели (коэффициенты) частоты травматизма, показатели тяжести случаев травматизма, показатели потерь, коэффициенты производительности и вероятности происшествий. Чаще всего используются коэффициенты частоты несчастных случаев, очень редко - показатели тяжести травматизма, особенно, в связи с показателями частоты. Использование показателей только одного типа, а также избирательное представление показателей может привести к ошибочным выводам при оценке ситуации. Подобный вывод часто приводится в специальной литературе, однако он до конца не обоснован. Изучение литературных источников приводит также к выводу об отсутствии рекомендаций, какие именно показатели следует использовать и как следует интерпретировать результаты анализа, чтобы оценка уровня травматизма и безопасности труда была максимально объективной. Отсутствует также инструментальный анализ достоверности значений коэффициентов. Вышеперечисленные проблемы особенно проявляются при значительной динамике изменения параметров, на основе которых рассчитываются коэффициенты.

В Польше, как и в других странах Евросоюза, работодатель обязан информировать работников о профессиональном риске на предприятии, который выражается опосредованно или непосредственно через коэффициенты травматизма.

В Польше для расчетов суммы страхового взноса по травме или больничному, которые выплачивает предприятие, используются рекомендованные [4,6] методики оценки профессионального риска. В методиках используется показатель частоты случаев на 1000 работающих, рассчитываемый для общего травматизма, смертельного и тяжелого, а также профзаболеваний и работы во вредных для здоровья условиях. Мерой риска являются величины коэффициентов, соотнесенные с 30-ти пунктовой шкалой категории рисков. Оставляя в стороне сложность и запутанность методики определения профессионального риска, следует отметить важную роль величины коэффициента частоты несчастных случаев.

Международный сравнительный анализ уровня травматизма и безопасности труда, опирающийся на коэффициентные методы тоже может привести к неверным толкованиям результатов. Это обусловлено разницей в критериях описания несчастного случая, процедуры его признания таковым, классификации его последствий и порядка его учета в статистике травматизма, применяемой в данной стране.

Учитывая все вышеперечисленные проблемы, предложен системный подход и описана методика коэффициентной оценки риска несчастных случаев. Для примерного анализа использованы данные несчастных случаев на каменноугольных шахтах.

## 2. Показатели травматизма и риска несчастных случаев

Для количественной оценки уровня травматизма на угольных предприятиях используются показатели:

Коэффициент				
частоты			тяжести	обобщенный, ущерба
на 1000 трудящихся	на млн. тонн добычи	100 тыс. чел.- дней		
$W_Z = \frac{W}{Z} \cdot 10^3$	$W_T = \frac{W}{T} \cdot 10^6$	$W_G = \frac{W}{D} \cdot 10^5$	$C = \frac{D_s}{W - W_{sm}}$	$W_{us} = W_Z \cdot 10^{-3} \cdot C$

где:  $W$  – общее число несчастных случаев на предприятии;

$W_{sm}$  – число смертельных несчастных случаев;

$T$  – число тонн добытого товарного (обогащенного) угля;

$Z$  – численность трудящихся на предприятии;

$D$  – число человеко-дней, отработанных трудящимися на предприятии.

$D_s$  – общее число нерабочих по нетрудоспособности дней из-за несчастных случаев в году на предприятии

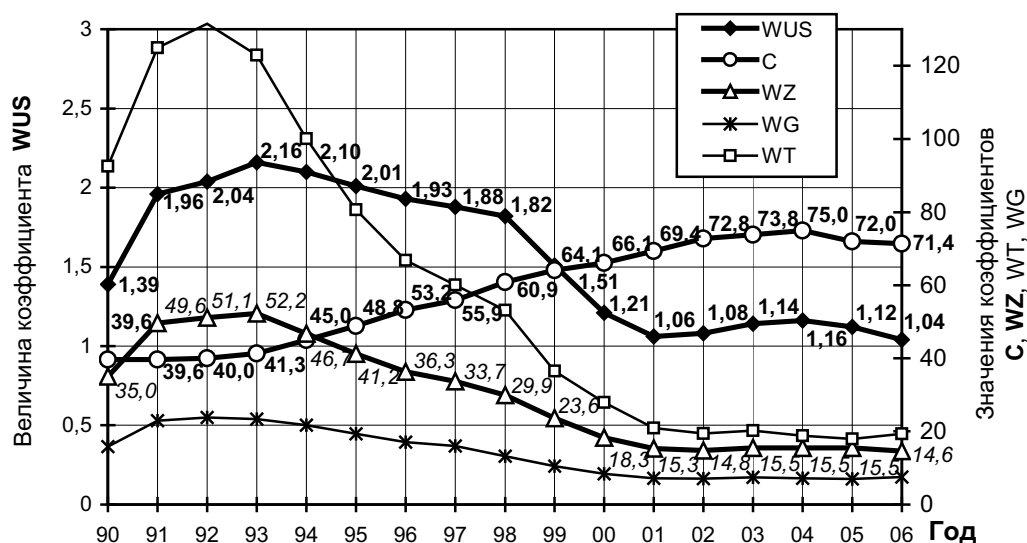
Для обобщенного показателя потерь принято приближение ( $W_{sm} = 0$ ), поэтому его значение показывает среднее число дней без происшествий, приходящихся на каждого работающего, средняя ошибка для такого приближения составляет +0,39%

Все перечисленные показатели, за исключением показателей частоты несчастных случаев  $W_T$  и  $W_{Tsm}$  применяются и в других отраслях промышленности в различных сферах хозяйственной деятельности.

На рис.1. представлены значения коэффициентов для каменноугольных шахт в период с 1990-2006 гг. Это период от начала внедрения рыночных отношений (с 1993г. еще и начало реструктуризации угольной промышленности). За этот период количество шахт уменьшилось с 70 до 35 (50%), численность трудящихся снизилась с 373 тыс.чел. до 117,5 тыс. (68,5%) и добыча упала со 148 до ~100 млн.тонн (32,4%). В такой ситуации число несчастных случаев снизилось с 13647 до 1884 (86% - 7,2-кратное снижение), при чем динамика тенденции перечисленных параметров отрицательна и весьма дифференцирована

На основе анализа величин показателей частоты несчастных случаев официально утверждается, что угроза травматизма уменьшается. Такие выводы постоянно публикуются, и на них делается особый акцент. Например, величина коэффициента  $W_Z$  уменьшилась с 52,2 (1993г.) до 14,6 (2006г.). Делается вывод о трехкратном улучшении состояния безопасности. В свою очередь величина коэффициента тяжести травматизма свидетельствует о его систематическом росте почти вдвое от значения 41,3 до 71,4. И хотя тяжесть случаев травматизма растет, этот вывод обычно замалчивается или оставляется в тени.

Следует обратить внимание, что на существование вышеуказанных коллизий обращалось внимание в работе [3], что и послужило основой для введения обобщенного показателя потерь. Этот коэффициент должен более объективно описывать состояние травматизма и уровень потерь в результате несчастного случая.



**Рис. 1.** Величины показателей несчастных случаев на угледобывающих предприятиях Польши в 1990-2006 гг [1,2].

В данном случае величина обобщенного коэффициента потерь в гг. 1990-1993 имеет тенденцию к росту, затем до года 2001 значения его уменьшаются, далее - снова рост. На графике также видно существенное совпадение с изменениями показателя  $W_{US}$ , а именно, в 1991 и 1998гг. значения приблизительно одинаковы- 1,96 и 1,82 соответственно, однако, составляющие  $W_Z$  и  $C$  весьма отличаются. В 1991 году значения коэффициентов составили:  $W_Z$  - 49,6, а  $C$  - 39,6, однако в 1998 году  $W_Z$  уменьшился, а  $C$  - вырос ( 29,9 и 60,9 соответственно). Значения составляющих обратно пропорциональны, а произведение их одинаково. Из вышеизложенного следует, что коэффициент этот в данных условиях может не вполне адекватно описывать смысл потерь.

Более тщательный анализ значений коэффициента частоты несчастных случаев  $W_Z$ , а также значений коэффициента тяжести травматизма и количества тяжелых несчастных случаев, когда пострадавший, вследствие тяжелой травмы не может приступить к работе, показывает, что существует потребность системного подхода к оценке травматизма и введение определения риска несчастных случаев.

### 3. Риск несчастных случаев и численные методы оценки безопасности

Риск в общепринятом понятии связан с возможностью ущерба. В отнесении к промышленному предприятию риск касается тех элементов, которые связаны с реализацией производственного процесса, т.е. системы «человек – предприятие - среда» и определяется как риск профессиональный. В Польше [4,6] профессиональный риск определяется как вероятность проявления нежелательных событий, связанных с выполняемой работой, приводящих к ущербу, в частности проявление у работников вредных для здоровья последствий, происшедших вследствие профессиональных опасностей, имеющих место на



рабочем месте или при данной технологии ведения работ. Под профессиональными опасностями понимается состояние производственной среды (рабочего места), которое может спровоцировать несчастный случай или профессиональное заболевание.

Риск может быть описан следующим соотношением:

*Профессиональный риск = Вероятности нежелательных событий • Ущерб*

На практике определение вероятности нежелательного события - несчастного случая является делом весьма трудным, а часто и просто невозможным. Вытекает это из организационно-технических причин, поскольку не могут быть учтены все события, среди которых есть и нежелательные. Вероятность заменяется величиной коэффициента частоты события. Потери, в свою очередь, отождествляются с общей частотой травматизма. Однако, очень часто потери относятся исключительно на случаи смертельные или тяжелые, что в общем необоснованно, т.к. эти случаи являются составляющими потерь (общего травматизма).

Из анализа литературных источников следует, что при описании профессионального риска используются случайные величины - количественные и качественные. В свою очередь риск несчастных случаев, при отсутствии точного определения, часто отождествляют с риском профессиональным

Принимая во внимание необходимость определения профессионального риска и применяемые в практике коэффициентные методы оценки травматизма, в т.ч. показатель частоты несчастных случаев  $W_Z$  и коэффициент тяжести несчастных случаев  $C$ , риск несчастных случаев  $R_W$  может быть описан выражением:

$$R_W = W_Z \times C$$

Использование показателей  $W_Z$  и  $C$  на практике не вызывает никаких затруднений, поскольку эти коэффициенты подсчитываются на каждом предприятии любого профиля хозяйственной деятельности.

Алгебраическим выражением риска несчастных случаев является упомянутый уже коэффициент  $W_{US}$ , величина которого в  $10^3$  раза меньше, чем величина  $R_W$ . Анализ значений коэффициента  $W_{US}$ , как уже упоминалось, свидетельствует о его неоднозначности, вследствие чего для анализа риска несчастных случаев  $R_W$  необходим альтернативный подход.

#### **4. Графическая интерпретация риска несчастных случаев**

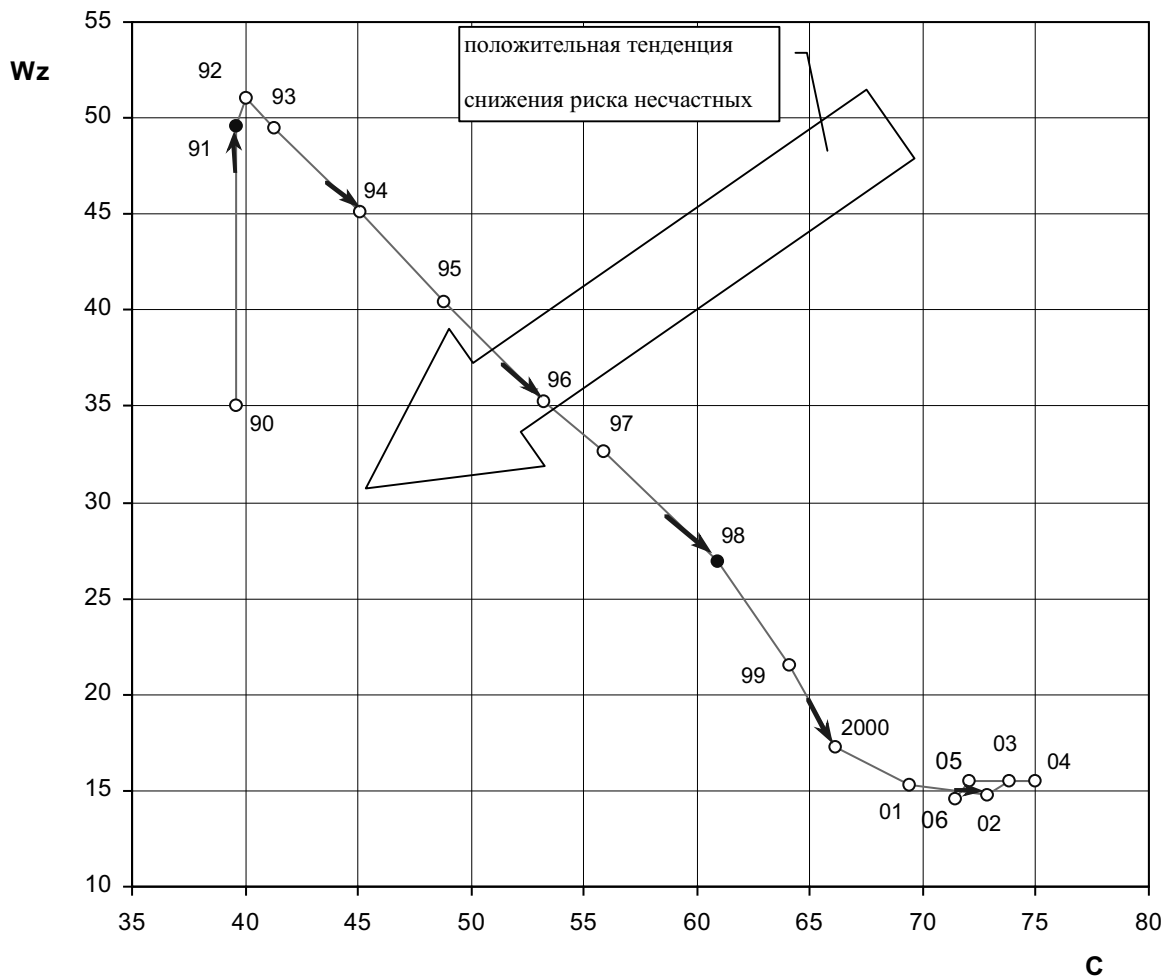
На рис.2 представлена графическая интерпретация риска несчастных случаев в прямоугольной системе координат, где на оси абсцисс — показатели тяжести несчастного случая  $C$ , а по оси ординат значения коэффициентов частоты несчастных случаев  $W_Z$  для соответствующего года. Соединив полученные точки, легко можно построить кривую функции  $W_Z(C)$  риска несчастных случаев.

Достоинством такого подхода является его простота и ясность, что облегчает проведение соответствующего анализа и позволяет однозначно интерпретировать полученные результаты.

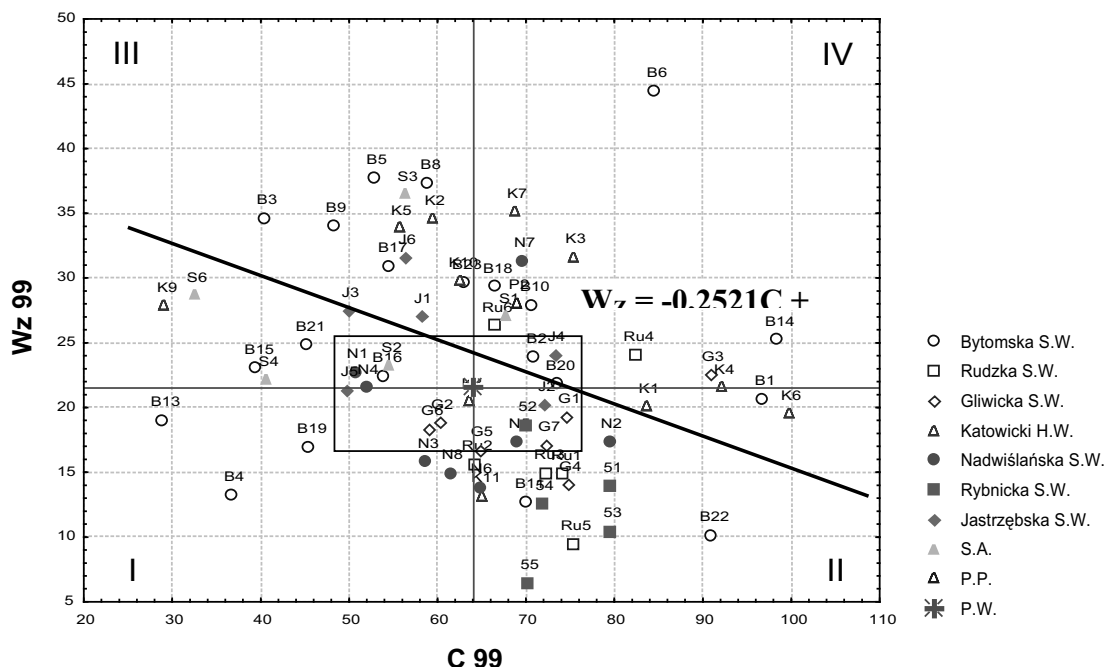
Рис.2. однозначно свидетельствует, что для приблизительно равных значений коэффициента  $W_{US}$  в 1991 и 1998 гг., значения риска несчастных случаев имеют значительный разброс.

Развитием указанного положения (рис.2.) будет представление в системе прямоугольных координат величин коэффициентов для отдельных каменноугольных шахт (рис.3.), где точки обозначают соответствующие шахты, а главной точкой является среднее значение (с рис.2.) для всех шахт.

Оценку и дифференциацию несчастных случаев в этом случае можно выполнять различными способами, разделяя площадь графика: 1) при помощи средней величины  $R_W$  ( $W_Z$  и  $C$ ) на четыре характерных квадранта с разным риском несчастных случаев; 2) линией тренда на две зоны с высоким и низким риском несчастных случаев; 3) другими методами.



**Рис. 2.** Тренд изменения значений Wz и C на угледобывающих шахтах в 1990-2006 гг.



**Рис. 3.** Риск несчастных случаев в каменноугольных шахтах в 1999г. [2]

### Выводы

1. На основе проведенного анализа профессионального риска на угольных предприятиях делается вывод, что риск, определяемый по действующим методикам, исключительно на основе коэффициентов частоты несчастных случаев, невелик, что противоречит видимому росту коэффициента тяжести  $C$  [5].
2. Лучшим способом оценки и дифференцирования профессионального риска может быть методика, основанная на двух показателях ( $C$  и  $Wz$ ), что позволит избежать вышеописанных противоречий и более реально оценить состояние безопасности труда на предприятии.
3. Представленный новый подход к способам оценки риска несчастных случаев и их интерпретации является достаточно простым и ясным. Не требует никаких дополнительных процедур для сбора данных и для расчета необходимых коэффициентов травматизма. Может использоваться для оценки риска несчастных случаев не только горнодобывающих, но и предприятий различного характера хозяйственной деятельности в любой отрасли.
4. Методика оценки риска несчастных случаев может успешно использоваться при международном сравнительном анализе и будет полнее, чем коэффициентные методы, основанные на показателях частоты несчастных случаев.

### Библиографический список

- Analiza miesięczna stanu bezpieczeństwa i higieny pracy w kopalniach węgla kamiennego i przedsiębiorstwach robót górniczych (*Месячный анализ состояния безопасности и гигиены труда в каменноугольных шахтах и горных предприятиях*). COIG, Katowice Grudzień 1990÷2004r.
- Baza danych wypadkowych (*База данных несчастных случаев*). COIG, Katowice 1990-2004r.
- Г.Черкасов, Ф.Громов. Условия труда: анализ и пути совершенствования. Профиздат, Москва, 1974.
- Kodeks Pracy (*Кодекс о Труде*). Ustawa z 26 kwietnia 1974r.
- Parchański J. Przyczyny zróżnicowania wzrostu wskaźnika ciężkości obrażeń przy równoczesnym zmniejszaniu się liczby wypadków ciężkich (*Причины дифференциации роста показателя тяжести травматизма при одновременном снижении количества тяжелых несчастных случаев*). Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 12/99, Katowice 1999r.

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 29 stycznia 1990r. w sprawie wysokości i podstawy wymiaru składek na ubezpieczenie społeczne, zgłaszania do ubezpieczenia społecznego oraz rozliczania składek i świadczeń z ubezpieczenia społecznego (Распоряжение Совета Министров от 29 января 1990г. о величине и обосновании размеров взносов, обращении к страхователям, расчете страховых взносов и выдаче страховых свидетельств).

© Юзеф Парханьски, 2007

УДК 628.19

## **АРТАМОНОВ В. М. (ДонНТУ), КАМУЗ А. М. (ДПР НДІ "Теплоэлектропроект") ВИКОРИСТАННЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН І ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

*Усовершенствована разработанная ранее методика определения экспресс-анализом содержания поверхностно-активных веществ в воде. Проведено исследование, доказывающее факт наличия поверхностно-активных веществ в воде пруда-накопителя горнодобывающего предприятия и в близлежащих природных водных объектах. Рекомендовано принятие соответствующих решений.*

Щороку в поверхневій водній об'єкти Донецької області надходить близько 1700 млн. м<sup>3</sup> стічних вод. Із них біля 7,5 % складають неочищені стоки, до 4 % – недостатньо очищені [1].

Серед таких поверхневих водних об'єктів, що зазнають негативної дії забруднювачів промислових і побутових стічних вод, є ріка Казенний Торець – права притока р. Сіверський Донець.

Басейн Казенного Торця розташовується у північно-західній частині Донецького кряжа. Ріка протікає територією Красноармійського, Добропільського та Слов'янського районів Донеччини і є джерелом водопостачання міст Дружківка, Краматорськ, Слов'янськ. Розміщення шахт поблизу витоків Казенного Торця приводить до насичення ріки високо-мінералізованими шахтними водами, тому Сіверський Донець залишається прісним лише у верхів'ї (до впадіння притоки Казенний Торець) [2].

Існуюча екологічна оцінка якості поверхневих вод за специфічними показниками токсичної і радіаційної дії (враховуючи забруднення синтетичними поверхнево-активними речовинами) свідчить, що вода р. Казенний Торець є поганою (концентрація специфічних забруднюючих речовин становить більше 0,250 мг/дм<sup>3</sup>) [3].

Нами були проведені дослідження води ріки Казенний Торець, водних об'єктів, що належать до її басейну, а також колодязя неподалік, на предмет наявності в цих пробах води поверхнево-активних речовин (ПАР) [4].

Методика, яка застосовувалася, була розроблена на протязі останніх п'яти років на основі результатів науково-дослідної роботи під керівництвом професора, кандидата технічних наук Артамонова В. М., на кафедрі «Природоохоронна діяльність» Донецького національного технічного університету. Основна ідея методики полягає у визначенні експрес-аналізом наявності та відносних процентних показників концентрації ПАР у водних розчинах.

Фізичний зміст заснований на явищі зменшення поверхневого натягу у системі «вода – ПАР – повітря» [5]. Подібне явище відбувається за рахунок позитивної адсорбції на поверхні [6]. Змочуваність твердого тіла здійснюється на межі фаз «тверде тіло – рідина – газ» і характеризується крайовим кутом змочування  $\Theta$ , який розраховується за формулою (1):

$$\cos \Theta = (\sigma_{\text{тр}} - \sigma_{\text{гг}}) / \sigma_{\text{гг}}, \quad (1)$$

де  $\Theta$  – крайовий кут змочування, град;

$\sigma_{\text{гг}}$  – поверхневий натяг на межі «тверде тіло – газ», дин/см;

$\sigma_{\text{тр}}$  – поверхневий натяг на межі «тверде тіло – рідина», дин/см;

$\sigma_{\text{пр}}$  – поверхневий натяг на межі «рідина – газ», дин/см [7–8].

Величина рівноважного крайового кута визначається співвідношенням сил тяжіння рідини до твердого тіла та сил взаємного тяжіння між частинками (молекулами) самої рідини. Усі тіла за змочуваністю поділяються на гідрофільні (добре змочувані) з кутом змочуваності  $< 90^\circ$  (спостерігається так зване обмежене змочування) і гідрофобні з кутом  $> 90^\circ$  (т. зв. погане змочування). Повна змочуваність досягається за  $\Theta = 0^\circ$  ( $\cos 0^\circ = 1$ ), повна незмочуваність – за  $\Theta = 180^\circ$  ( $\cos 180^\circ = -1$ ). За умови повної змочуваності капля розтікається в тонку плівку. Змочування твердих тіл відбувається поступово, бо необхідний час на витіснення повітря з поверхні частинок. Руйнування цієї плівки виникає внаслідок зіткнення твердих частинок і частинок води, а також – зростання температури. Під час нагрівання частинок може видалятися деяка кількість адсорбованого повітря і, крім того, зменшуватися поверхневий натяг води [6–7]. Поверхневу (адсорбційну) активність ПАР, тобто їх здатність концентруватися на поверхні розділу фаз (адсорбуватися), викликаючи цим зниження поверхневого міжфазового натягу та зміну властивостей поверхнево-активних речовин, обумовлює дифільна структура [9]. В адсорбційному шарі на межі фаз дифільні молекули ПАР орієнтуються найбільш вигідним чином: гідрофільні групи – у бік полярної (водяної) фази, гідрофобні – у бік неполярної (газової). Гідрофільні групи забезпечують розчинність ПАР у воді, гідрофобні радикали за достатньо високої молекулярної маси сприяють розчиненню ПАР у неполярних середовищах.

За характером дисоціації всі ПАР поділяються на:

аніонні, функціональні групи яких у результаті іонізації в розчині утворюють негативно заряджені органічні іони, що обумовлюють поверхневу активність;

катіонні, функціональні групи яких унаслідок іонізації в розчині утворюють позитивно заряджені органічні іони, які обумовлюють поверхневу активність;

неіоногенні, які практично не утворюють у водному розчині іонів;

амфолітні, що утворюють у водному розчині в залежності від умов (рН, розчинник та ін.) аніоноактивні чи катіоноактивні речовини.

В окрему групу виділяються високомолекулярні (полімерні) ПАР. Вони складаються з багатьох ланцюжків, що повторюються, кожен із яких має полярні та неполярні групи (рис. 1) [9–10]. Високомолекулярні ПАР за механізмом дії й адсорбційною спроможністю відрізняються від класичних дифільних ПАР. Для всіх високомолекулярних ПАР характерна лінійна структура ланцюга. Зшиті полімери «погано працюють» у якості ПАР. За характером дисоціації полярних груп високомолекулярні ПАР, як і низькомолекулярні, поділяються на аніонні, катіонні, неіоногенні й амфолітні та відносяться до класів за полярною групою. Крім того, вони діляться за природою елементарного ланцюга на природні поліпептиди та полісахариди, синтетичні полівініли чи заміщені поліетилені  $[-\text{CH}_2\text{CHX}-]_n$ ,  $[-\text{CHXCHZ}-]_n$ , поліокси, полііміни, поліефіри, поліаміди та ін. загальної формули  $[-(\text{CH}_2)_m\text{Y}-]_n$ . Високомолекулярні ПАР також часто бувають поліфункціональні.

Клас ПАР визначається полярною групою. Необхідно лише враховувати, що багато ПАР поліфункціональні, тобто мають декілька різних полярних груп і, таким чином, суміщають властивості різноманітних класів, наприклад, сульфосукцинати (солі ефірів сульфоянтарної кислоти). Найбільш поширені наступні гідрофобні групи (вони є радикалом R у всіх класах ПАР): первинний, вторинний або третинний алкіл  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ ; алкен  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{CH}=\text{CHC}_n\text{H}_{2n}$ ; алкін  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C}\equiv\text{CC}_n\text{H}_{2n}$ ; алкілбензол  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C}_6\text{H}_4$ ; моно- чи поліалкілнафталін  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C}_{10}\text{H}_6$ ; алкілциклоалкан  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{C}_6\text{H}_{10}$ .

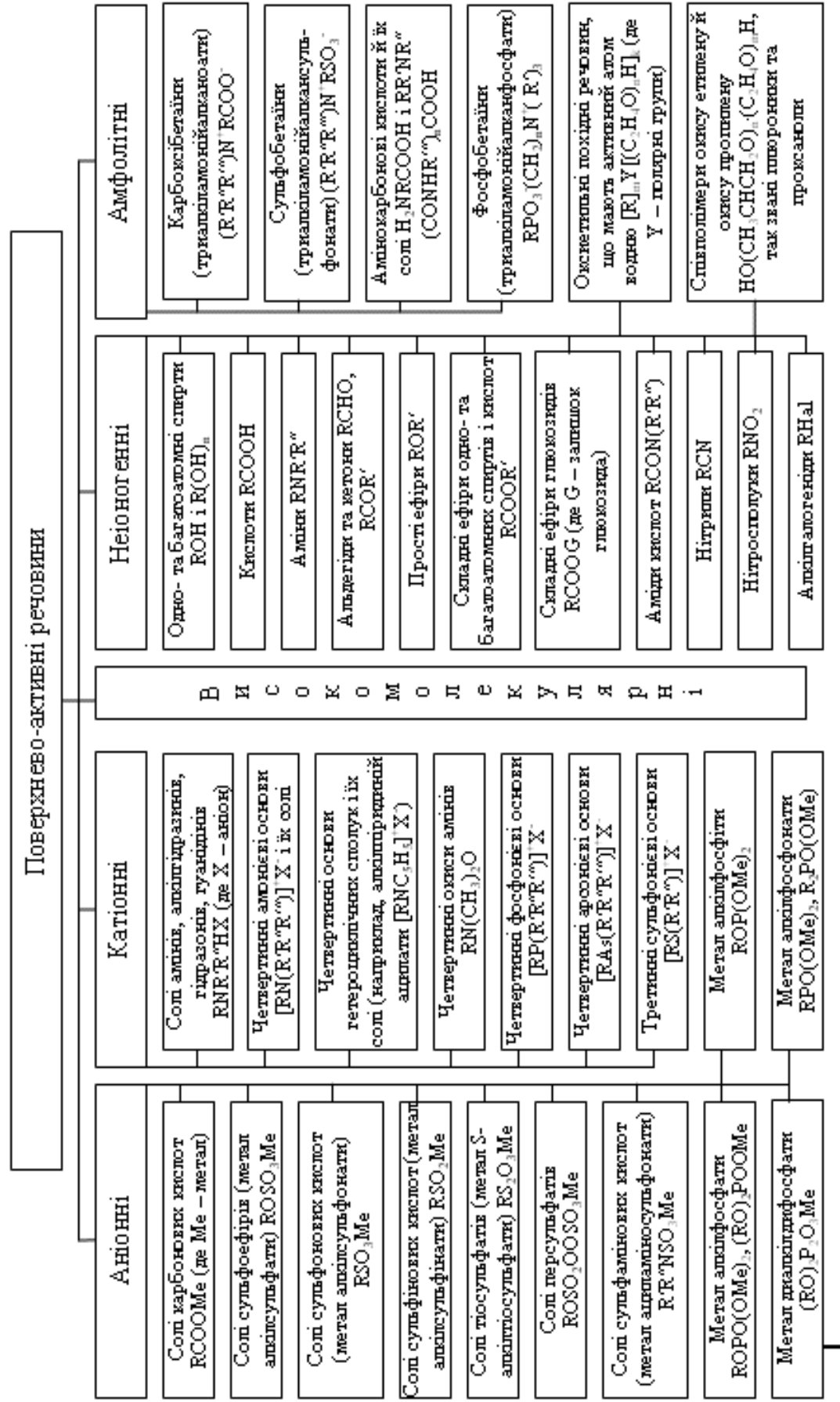
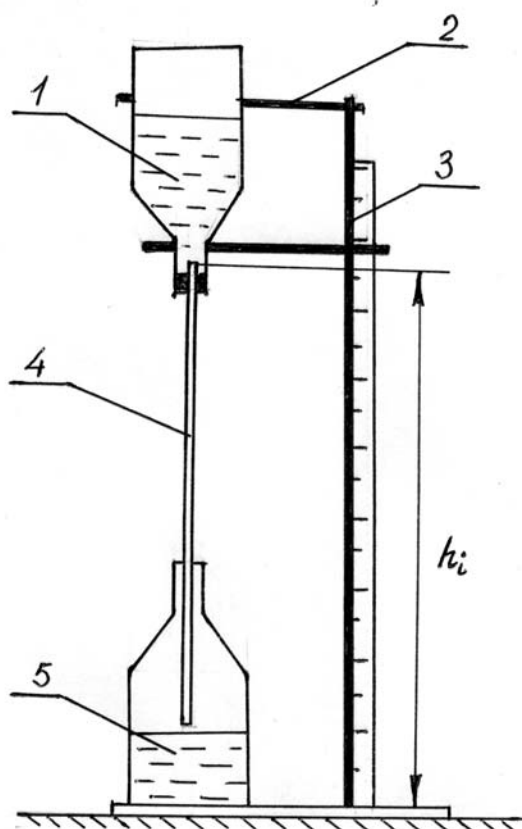


Рисунок 1 – Класифікація поверхнево-активних речовин

Лабораторні дослідження, проведені нами, включали вибір ПАР, складання еталонних концентрацій ПАР у воді, підготовку лабораторної установки (рис. 2) та розчинів [4].



**Рисунок 2** – Лабораторна установка:

1 – відкрита ємкість для розчину (перевернута поліетиленова пляшка об'ємом 1,5 л зі зрізаним дном для доступу повітря й отвором у кришці діаметром  $d = 0,002$  м для витікання розчину в капіляр);  
2 – кріплення;  
3 – мірна лінійка (міліметрівка);  
4 – капіляр (трубки медичних капельниць діаметром  $d = 0,002$  м; довжиною  $l = 1,0$  м для висоти  $h = 1,0$  м,  $l = 1,0$  м і  $l = 0,5$  м із з'єднувальним перехідником для  $h = 1,5$  м,  $l = 1,2$  м і  $l = 0,8$  м із з'єднувальним перехідником для  $h = 2,0$  м);  
5 – ємкість для зливу (поліетиленова пляшка об'ємом 1,5 л).

Підготовка розчинів здійснювалася у наступний спосіб: у очищеній профільтрованій воді об'ємом 1,0 л розчинялася деяка маса ПАР (наприклад, для отримання 1,0 %-го

розчину – 10 г і т. п.) і обережно перемішувалася.

Досліди проводилися за фіксованої висоти  $h = 1$  м, якій відповідає надлишковий тиск  $P = 0,1$  атм [11]. Водний розчин ПАР об'ємом 1,0 л пропускався з ємкості, що має фіксований об'єм, по капіляру за атмосферного тиску під силою гравітації. Фіксувався час витікання. Достатня кількість дослідів дозволила розробити номограму у системі координат "Концентрація ПАР, %", "Час проходження водного розчину, с". Час проходження водного розчину для кожної з еталонних концентрацій було визначено як середній арифметичний при більш ніж десяти дослідах.

Концентрацію ПАР вибрано як найбільш яскраву характеристику властивостей поверхнево-активних речовин. Це пояснюється прямим зв'язком концентрації та поверхневого натягу. Поверхневий натяг рідини має визначене значення та може змінюватися додаванням ПАР до розчину. Кожному  $i$ -му значенню концентрації ПАР відповідає визначений поверхневий натяг  $\sigma_i$ .

Отримана номограма дає змогу визначити концентрацію ПАР у будь-якій воді. Для цього фіксується час проходження 1,0 л води через капіляр  $t_i$ , та за відомою залежністю  $C_i = f(t_i)$  визначається концентрація поверхнево-активних речовин.

Побудова номограми є першим кроком до здійснення майбутніх досліджень. Зараз вона включає достатньо великий діапазон концентрацій. Подальші напрацювання дозволять нам виділити діапазони, у яких можна отримати найбільш достовірні результати стосовно концентрацій ПАР у воді того чи іншого призначення.

Із використанням пілотажної номограми нами, перш за все, було встановлено наявність ПАР у всіх забраних пробах води. А також було визначено орієнтовні концентрації ПАР, що дозволило зробити відповідні висновки:

У ріках Казенний Торець і Грузька (ліва притока) концентрації ПАР виявилися в 1,5–2,0 рази меншими, аніж у ставках, що знаходяться в межах басейну р. Казенний Торець. Така ситуація склалася завдяки гідрологічному зв'язку між водними об'єктами.

Концентрація ПАР у технологічному ставка-накопичувачі АТЗТ "Веско", яке займається розробкою родовищ вогнетривкої та тугоплавкої глини на півночі Донецької області, була дещо нижчою за концентрацію у вищезгаданих ставках, що знаходяться за 0,5–1,0 км від технологічного.

Концентрація ПАР у воді технологічного ставка у різних місцях незначною мірою відрізняється. У місці впуску очищеної після мийки вагонів води вона є вищою, ніж на іншій стороні водойми (відстань між точками відбору проб – 150 м), що говорить про розбавлення води.

Концентрація ПАР у воді колодязя, що знаходиться у безпосередній близькості від р. Казенний Торець, є вищою, ніж у самій ріці. Подібна ситуація не може не непокоїти суспільство, бо поверхнево-активні речовини володіють властивостями токсичності та низької спроможності біологічного розкладення [9].

Гірничодобувне підприємство забруднює природні водні об'єкти поверхнево-активними речовинами внаслідок малоефективної роботи нафтопастки, що призначена для очистки стічних вод після мийки вагонів.

Проте згідно з Водним кодексом України [12] водокористувачі зобов'язані не допускати спричинення шкоди об'єктам довкілля (ст. 44, п. 5), здійснювати заходи із попередження скиду стічних вод чи його припинення, якщо вони перевищують гранично допустимі скиди токсичних речовин (ст. 70, п. 5, ч. 2); усі води підлягають охороні від забруднення, засмічення та інших дій, що можуть спричинити шкоду здоров'ю людей, привести до зменшення рибних запасів та інших несприятливих явищ унаслідок зміни фізичних і хімічних властивостей вод, зниження їх здатності до природного очищення, порушення гідрологічного та гідрогеологічного режиму вод (ст. 95).

б) Під час розробки нормативів гранично допустимих скидів (ГДС) забруднюючих речовин у водні об'єкти поверхнево-активні речовини часто не беруться до уваги. Так, на АТЗТ "Веско" з метою організації контролю стану води ставка-накопичувача були затверджені нормативи ГДС шкідливих речовин у ставках без урахування ПАР [13]. Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 1100 від 11 вересня 1996 р. "Про порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин та перелік забруднюючих речовин, скидання яких нормується" [14], поверхнево-активні речовини входять до списку В. До нього включено забруднюючі речовини, скидання яких має зменшуватися та які нормуються у разі їх наявності у складі зворотних вод.

Із урахуванням доведеної нами наявності ПАР у складі зворотних вод підприємства рекомендуємо включати поверхнево-активні речовини до "Проекту нормативів ГДС ... АТЗТ "Веско" [13] і приділяти більше уваги цим небезпечним сполукам узагалі внаслідок скиду будь-яким виробництвом. Бо ПАР сьогодні широко використовуються у галузях промисловості різних спрямувань [9–10, 15–16]. Зазначені заходи є логічним продовженням раніше запропонованих нами [17].

## **Бібліографічний список**

Земля тривоги нашої. За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2004 році / Під ред. С. В. Третьякова. – Донецьк: «ЦЭПИ «ЭПИЦентр ЛТД». – 2005. – 120 с.: іл.

Руднев Е. Реки болеют // 2000. – 2006, октябрь. – С. В4.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод: Карта. – К.: ВКФ, 1996.



- Камуз А. М. Розробка та обґрунтування заходів щодо оцінки наявності поверхнево-активних речовин у воді, яка використовується АТЗТ «Веско»: Кваліфікаційна робота магістра: 27.12.06 / ДонНТУ. – Донецьк, 2006. – 207 с.
- Ребиндер П. А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. – М.: Недра, 1979. – 382 с.
- [http://revolution.allbest.ru/chemistry/00005921\\_0.html](http://revolution.allbest.ru/chemistry/00005921_0.html)
- Михайлов А. М. Охрана окружающей среды на карьерах: Учеб. пособие. – К.: Вища шк., 1990. – 264 с.: ил.
- Справочник по борьбе с пылью в горнодобывающей промышленности / Под ред. Кузьмица А. С. – М., 1982.
- Поверхностно-активные вещества: Справочник / Абрамзон А. А., Бочаров В. В., Гаевой Г. М. и др.; Под ред. А. А. Абрамзона и Г. М. Гаевого. – Л.: Химия, 1979. – 376 с.: ил.
- Артамонов В. Н. Использование водных растворов поверхностно-активных веществ для увлажнения угольных пластов // Известия Донецкого горного института. – Донецк: ДонГТУ. – 2000. № 1, май. – С. 35–37.
- Камуз А. М., Артамонов В. М. Визначення вмісту поверхнево-активних речовин у воді, що використовується підприємством // Тези IV міжнародної конференції студентів, магістрів та аспірантів «Сучасні проблеми екології», 14–17 березня 2007 року. – Житомир: ЖДТУ, 2007. – С. 270–272.
- Водний кодекс України від 06.06.1995 // Наш край. Спецвыпуск. – 1996, май.
- Проект нормативов предельно допустимого сброса (ПДС) в пруд на балке (левый приток р. Грузская, бассейн р. Казенный Торец) АОЗТ «Веско». – Ясиноватая, 2000.
- Постанова Кабінету Міністрів України № 1100 від 11 вересня 1996 р. "Про порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин та перелік забруднюючих речовин, скидання яких нормується".
- Артамонов В. Н. Принципы поэтапного гидровоздействия на угольный пласт и эффективность его применения в шахтах // Известия Донецкого горного института. – № 2 (6). – Донецк: ДонГТУ, 1997. – С. 73–79.
- Норов Ю. Д., Мардонов У. М., Тошев О. Э. Изучение влияния водных растворов ПАВ на изменение прочности горного массива // Горный журнал. – 2005. № 3, март. – С. 15–16.
- Камуз А. М., Артамонов В. М., Єфімов В. Г. Аналіз стану виконання заходів зі зниження шкідливого впливу АТЗТ «Веско» на навколишнє природне середовище // V Міжнародна наукова конференція аспірантів та студентів «Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів». – Донецьк, 11–13 квітня 2006: Збірка доповідей. – Т. 2. – Донецьк, 2006. – С. 76–77.

© Артамонов В. М., Камуз А. М., 2007

УДК 504.064.2: 581.4: 581.9: 551.510.42: 632.15: 631.427.1./3 (477.60)

**САФОНОВ А.И., БЕЛОМЕРЯ П.С. (ДОННУ)  
ЭКОЛОГО-ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ АЛЛЕРГЕНОВ  
ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

*На основании уже существующей методики обработки палинологического материала регионально апробирован способ тестирования уровня антропогенеза для Донецкой городской среды. Информативными биоиндикаторами являются виды *Dactylis glomerata* L., *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub. и *Bromus arvensis* L., информативный признак – степень дефектности пыльцевых зерен.*

Одним из наиболее актуальных вопросов, стоящих перед современным обществом, является изучение проблем, связанных с загрязнением атмосферы автомобильными выбросами, в том числе и их воздействие на биоту городской среды.

Цель данной работы – по показателям степени дефектности пыли (СДП) провести оценку некоторых природно-техногенных экотопов г. Донецка.

Существуют различные методики и способы работы с пылью. Например, существует способ дифференцирования пыли при условии ее фракционирования, способ определения фертильности пыли растений [1-3]. Известны способы создания питательной среды для оценки жизнеспособности пыли, способы сбора и хранения пыли растений, которые включают сбор пыли, очистку, консервацию и хранение [4, 5]. Существуют также способы фитоиндикационной оценки токсичности почв тяжелыми металлами [6-8], где применяют визуализационное сравнение картосхем по показателю атипичной изменчивости пылевых зерен дикорастущих травянистых растений.

Способ, используемый в данной работе, основан на том, что проводят экспресс-оценку степени токсической нагрузки на природные системы в условиях наличия действия выбросов автотранспорта и в качестве тест-индикаторов используют виды *Dactylis glomerata* L., *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub и *Bromus arvensis* L. и рассчитывают интегральный показатель СДП токсической нагрузки на приземный слой атмосферы по трем видам одновременно.

Материалы исследования – пылевые зерна видов *Dactylis glomerata* L., *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub и *Bromus arvensis* L. – многолетних рыхлокустовых злаков, а также элементы генеративной сферы (соцветия), морфологически представляющие собой среду образования микроспор и протекания процесса микроспорогенеза.

Исследуемые растения были собраны в семи экотопах:

1 – контрольный участок (парк ЛЕНКОМ, г. Донецк), где уровень общей токсической нагрузки опосредовано фоновый для г. Донецка, но нагрузка на природные системы лишена непосредственного локального действия выбросов автотранспорта; расстояние от проспекта Мира – 3 км;

2 – относительно контрольный участок – на расстоянии 500 м от проспекта Мира, г. Донецк;

3 – исследуемый участок на территории, которая непосредственно граничит с автомагистралью пр. Мира.

4 – исследуемый участок на пересечении улицы Щорса и проспекта Богдана Хмельницкого;

5 – исследуемый участок на пересечении улицы Артема и проспекта Богдана Хмельницкого;

6 – территория больницы Калинина (вдоль проспекта Ильича);

7 – исследуемый участок на пересечении улицы Красногвардейской и бульвара Шевченко.

**Ежа сборная – *Dactylis glomerata* L.** Многолетник. Растение серовато-зеленое, образует плотные, иногда довольно крупные дерновины. Стебли 40 – 100 см высотой, в нижней части заметно сплюснутые. Влагалища почти на всем протяжении замкнутые, сплюснутые, килеватые, голые, реже более-менее волосистые; листья большей частью плоские, 3 – 7(10) мм шириной, острошероховатые; язычок 3 – 10 мм длиной. Метелка (5)6 – 20 см длиной с более-менее шероховатыми веточками и главной осью; ее нижняя веточка на свободном от колоска участке (1,5)2 – 9 см длиной. Колоски 5 – 8(10) мм длиной, 2 – 4(5)-цветковые, серовато-зеленые, нередко с фиолетовым оттенком; колосковые чешуи немного неравные, нижние (3)4 – 5(6) мм длиной, верхние (4)5 – 6(7) мм длиной; нижняя цветочная чешуя 5 – 7(8) мм длиной, остевиднозаостренная или с коротенькой остью до 1(1,5) мм длиной, по килю длиннореснитчатая или шиповатая, голая или коротковолосистая. Цветение V – VIII. Утренний злак. Массовое цветение протекает при температуре 16 – 18° С и выше и относительной влажности воздуха 70 – 90 % и длится 1 – 1,5 ч. Ксероме-

зофит. Лугово-лесное растение с очень широкой экологической амплитудой. Встречается в равнинных и горных районах страны. Растет на лугах различных типов, в лесах хвойных и широколиственных, смешанных и мелколиственных, на опушках и полянах, в кустарниковых зарослях, на вырубках. Будучи теневыносливым растением, проникает под полог леса в довольно затененные места. Занимает различные местообитания, от избыточно увлажненных до весьма сухих. Эутроф, предпочитает более плодородные почвы. Как правило, не отличается значительным обилием, однако принимает участие в сложении большого числа фитоценозов и является для многих из них характерным растением. Весьма полиморфный вид. Наблюдается значительное варьирование в размерах всех частей растения, характере поверхностных образований на стеблях, влагалищах и листьях (шипика, щетиновидные волоски, мягкое опушение), в форме, размерах и опушении колосковых чешуй, в степени развития ресничек на нижних цветковых чешуях, в характере соцветий (в частности, длина нижних веточек соцветия), в окраске вегетативных и репродуктивных органов и т. д. Основными факторами, определяющими большую изменчивость признаков этого широкоареального лугово-лесного вида, обладающего чрезвычайно широкой экологической амплитудой, бесспорно, являются условия освещения и влажности. С увеличением сухости местообитаний у представителей данного вида весьма четко проявляется комплекс признаков ксероморфного характера (более узкие вдоль сложенные листья, укорочение веточек соцветия, развитие ресничек на чешуях в колосках, сизая окраска всех частей растения и др.). Априори нами предположено, что в зависимости от степени гетерогенности среды проявляется большая выраженность гетероморфности, что отражается не только на морфологическом, но и цитологическом уровнях (в данном случае вопрос рассматривается на примере соцветий и пыльцевых зерен соответственно указанным уровням). Пыльцевые зерна однопоровые, широкояйцевидные или широкоэллипсоидальные; в очертании широкоовальные или широкоэллиптические; 35,0 – 42,1 (44,0) мкм длиной, 30,4 – 37,4 (40,0) мкм шириной. Пора округлая, 8,1 – 8,6 мкм в диаметре, выступающая над поверхностью, значительно смещена с широкого конца, отверстие поры 3,5 – 3,8 мкм, с ровным или слегка угловатым краем, канал цилиндрический, ободок поры хорошо заметный, 2,5 мкм толщиной, с неровным мелко зазубренным наружным краем, оперкулум гладкий, округлый, 2,0 мкм в диаметре. Экзина 1,4 – 1,6 мкм, скульптура равномерно площадочная, площадки четкие, близко расположенные, многоугольные и округло-многоугольные, стерженьки слабо заметные, короткие, покров толстый. Цвет зерен зеленоватый [9-11].

**Кострец безостый – *Bromopsis inermis* (LEYSS.) HOLUB.** Многолетнее растение с длинными корневищами. Стебель (60) 80 – 100 (150) см высотой, под узлами иногда шероховатые. Листья (3) 6 – 10 (14) мм шириной, большей частью голые; язычки 1 – 2 мм длиной. Метелка (14) 16 – 20 (30) см длиной, поникающая или прямостоячая, обычно с более длинными, чем колоски веточками. Колоски (1,3) 2 – 3 (4,5) см длиной; колосковые чешуи 5 – 8 (10) мм длиной; нижняя цветочная чешуя тупая, с широким пленчатым краем, по краю золотистая, на спинке часто фиолетовая, без ости, реже с остроконечием или короткой остью до 4 мм длиной. Цветет в июне – июле. Пластинка листа вегетативных побегов плоская, сверху ровная, снизу с хорошо заметными выступами против жилки (особенно ближе к краям листовой пластинки). Киль округлый или тупотреугольный, развит слабо. Послеполуденный (предвечерний) злак. Массовое цветение – в первой декаде июня. В течение суток цветение начинается между 17 – 18 часами при температуре 20 - 25°C и относительной влажности воздуха 80 – 100 % . цветение взрывчатое или порционное, продолжается около 2 часов. Отдельная метелка цветет 5 – 9 дней. Цветок раскрывается сравнительно быстро, в течение 1 минуты расходятся чешуи, в следующую минуту выдвигаются, повисают и вскрываются пыльники, затем в течение 0,5 – 1 мин (а иногда одновременно с тычинками) выдвигаются рыльца. Пыление длится 5 – 10 мин (растения окутаны легким желтым облачком пыльцы). Цветки остаются открытыми 1 – 2 часа, а рыльца, зажатые между закрытыми чешуями, могут сохранять свежесть от нескольких часов до 1 – 3 дней.

Мезофит. Лугово-степной вид широкой экологической амплитуды. Растет на лугах, в степях, на степных склонах, лесных полянах и опушках, в кустарниках. Встречается на полужадернованных песках, различного рода обнажениях, а также на перелогам, вдоль дорог среди сорной растительности. Входит в состав луговых, и разнотравно-типчачково-ковыльных степей, где образует формацию [9-11].

**Костер полевой – *Bromus arvensis* L.** Однолетнее или двулетнее растение. Стебли (25) 50 – 95 (120) см высотой, в узлах опушенные. Влагалища опушенные, верхние иногда голые; листья (2) 3 – 5 (7) мм шириной, опушенные; язычки (1) 2 – 2,5 мм длиной. Метелка (7) 15 – 20 (27) см длиной поникающая, во время цветения и после широкоразвесистая, с повисающими, многоколосковыми веточками. Колоски (15) 20 – 25 (30) мм длиной, 5 – 11-цветковые, узкие, линейно-ланцетные; колосковые чешуи шероховатые, 4 – 6 (6,5) мм длиной; нижняя цветковая чешуя (7) 8 – 9 мм длиной и 3 – 3,5 (4) мм шириной, продолговато-ланцетная, с широким пленчатым краем, голая или опушенная, обычно фиолетово окрашенная (как и все растение), с прямой 4 – 11 мм длиной остью; верхняя цветочная чешуя короче нижней. Цветет в мае – июле. Дневной злак. Цветение растянутое, порционное, начинается между 8 – 10 часами утра и продолжается до 19 – 20 часов, протекает в широких пределах температуры и относительной влажности воздуха. Время цветения одного цветка 30 – 45 мин. Метелка цветет 5 – 9 дней. Тычинки повисающие, с опрокидывающимися пыльниками, вскрывающимися в момент опрокидывания или немного раньше. Озимое и зимующее растение. Мезофит. Типичный полевой сорняк, в прошлом весьма распространенный в посевах культурных злаков. Сейчас встречается изредка по обочинам полей, у дорог, на лугах [9-11].

На основании литературных источников о влиянии непосредственной близости автотрассы на растительные объекты [12-15] были проанализированы уровни автомобильной нагрузки в опытных участках – местах отбора проб.

Выбранные зоны исследования характеризуются разным уровнем нагрузки автомобильных путей (экотопы 3 – 7, потому что условно 1 и 2 лишены непосредственного контакта с автотранспортом). Согласно подсчетам количества автомобильных единиц за определенные интервалы времени ( $9^{00}$ - $10^{00}$ ,  $12^{00}$ - $13^{00}$ ,  $16^{00}$ - $17^{00}$ ), были получены следующие результаты (табл. 1).

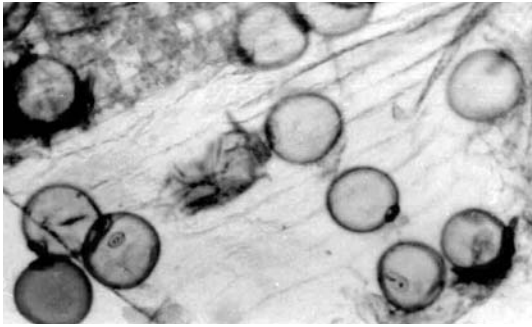
Таблица 1 Количественное соотношение автонагрузки в опытных экотопах

Пробная площадь	Количество единиц автомобильного транспорта, час		
	$9^{00}$ - $10^{00}$	$12^{00}$ - $13^{00}$	$16^{00}$ - $17^{00}$
3	956,6±12,25	853,6±19,97	791,0±17,13
4	1290,9±25,84	1254,0±24,10	1007,4±48,39
5	1588,2±38,15	1483,5±74,00	1398,0±57,19
6	1390,5±23,89	1230,3±23,89	1275,2±32,50
7	1436,2±41,20	1399,6±46,31	1387,0±33,94

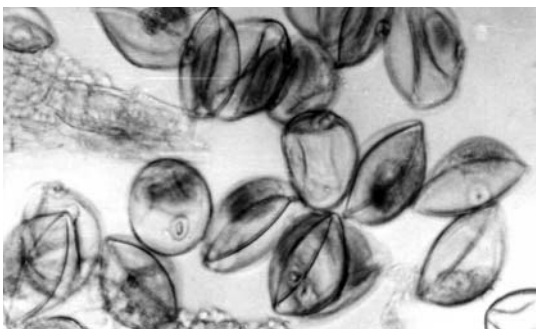
В каждом экотопе выбирали по 30 экземпляров растений, 10 – каждого из приведенных видов в фазу цветения. С каждого зафиксированного колоска освобождали по одному пыльнику. Из каждого пыльника готовили один временный давленный препарат по общепринятой методике [1] с окрашиванием метиленовым синим (рис. 1, 2).

Цитологический анализ полученных образцов проводили на световом микроскопе. Условия увеличения: 64 и 320 раз. При условии фазы развития микроспоры использовали периодизацию развития пыльников злаков с соответствующими критериями выделения фаз микроспорогенеза и терминологией, разработанной Н.Н. Кругловой [11, 16].

Условия фракционирования пыльцевого материала проводили по требованиям, разработанным М.А. Нечкиной и П.Г. Куприяновым [4].



**Рис.1.** Временный давленный препарат пыльника *Dactylis glomerata* L., пробная площадь № 1;  
X 320



**Рис. 2.** Временный давленный препарат пыльника *Dactylis glomerata* L., пробная площадь №5;  
X 320

Значение показателя степени дефектности пыльцы (СДП) было сведено в суммационную таблицу для каждого вида отдельно, где указано только целые части цифрового материала. Данные достоверны на 95% уровне значимости (таблица 2).

Таблица 2

Анализ суммационных показателей

Вид	Пробная площадь						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Dactylis glomerata</i>	2	5	23	24	39	25	27
<i>Bromus arvensis</i>	3	7	19	30	48	35	40
<i>Bromopsis inermis</i>	3	3	16	29	32	30	31
Суммационный индекс по трем видам	8	15	58	83	119	90	98
Среднее значение	2,7	5,0	19,3	27,7	39,7	30,0	32,7
Градиент значения показателя СДП	1	2	3	4	7	5	6
Градиент автомобильной нагрузки	1	2	3	4	7	5	6

Таким образом, уровень СДП указанных видов тесно коррелирует с уровнем нагрузки автотранспорта и непосредственно количеством автомобильных единиц для определенного участка.

Установлено, что состояние мужской генеративной сферы злаков находится в зависимости от степени токсической агрессивности среды. Нами собраны данные, иллюстрирующие возможные морфологические модификации для ежи сборной, произрастающей в различных экотопах городской среды Донецка (рис. 3).



**Рис. 3.** Варианты морфологической пластичности соцветий ежи сборной.

Установлено, чем больше модификаций, тем гетерогеннее среда и агрессивнее экотоксикологическая ситуация.

Период цветения злаков – период обострения поллинозов, пыльца злаков является сильнодействующим аллергеном для людей, чувствительных к этому фактору. Ситуация усложняется особенностями сухого климата г. Донецка, при котором пыльцевые зерна по аллергической агрессивности ярче выражены, по сравнению с таковыми в более мягком климате.

Необходимо отметить, что период максимального цветения злаков в Донецке совпадает со временем плодоношения, а точнее – семеношения, видов рода тополь (*Populus L.*) – "мас-совым лётном тополиного пуха". Сам по себе пух (непосредственно халазные выросты-образования) не могут являться аллергенами, аллергенами в данном случае являются вещества, оседающие на семенах тополя. "Топольный пух" является идеальным биосуостратором для полноценного сбора информации о химическом микро-составе приземного слоя атмосферы, поскольку на халазных выростах оседают все микрочастички, которые как раз и являются причиной аллергии. Всю совокупность взвесей в воздухе городской среды можно разделить на две, принципиально различные группы: пыль и пыльца. Обе эти группы в определенной степени вызывают неспецифические реакции в организме человека, попадая на слизистые оболочки, например носа или глаза.

Полученные нами предварительные результаты позволяют констатировать, что в среднем одно семя пуха содержит от 5 до 8-10 пыльцевых зерен различных видов злаков в местах, условно являющихся контрольными, и от 59 до 400 пыльцевых зерен, например в пробных площадях 5, 6 и 7.

Доказательства прямого контакта пыльцевого материала злаков и семенного материала тополей представлены на рис. 4.



**Рис. 4.** Варианты прямого контакта генеративной сферы представителей злаков и тополей, в совокупности представляющих реальную угрозу здоровью человека, что усугубляется экологической обстановкой в г. Донецке.

#### Выводы

1. На основании уже существующей методики обработки палинологического материала регионально апробирован способ тестирования уровня антропогенеза для Донецкой городской среды.
  2. Установлено, что показатель степени дефектности пыльцы количественно соответствует и совпадает с показателем уровня нагрузки на приземный шар атмосферы в результате интенсификации использования автотранспорта.
  3. Информативными биоиндикаторами являются виды *Dactylis glomerata* L., *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub. и *Bromus arvensis* L., информативный признак – степень дефектности пыльцевых зерен.
  4. Целесообразно в дальнейшем продолжать разработку мониторинговых информационных исследований, а также производить поиск более дробных показателей для дифференциации специфики факторов экологического дисбаланса антропоичного происхождения.
  5. Необходимо получить подробную информацию о состоянии мужской генеративной сферы злаков, изучить структуру и численность их пыльцевых зерен, оседающих на семенах плодоносящих в это время тополей. Полученные данные сопоставить с имеющимися по аллергологической ситуации в городе. В дальнейших работах планируется изучение химического состава пыли, оседающей на семенах видов рода тополь в условиях промышленного региона.
- Рациональным методом борьбы с аллергологической ситуацией являются элементарные санитарно-гигиенические требования по уходу за улицей: своевременное кошение травостоя и планомерная замена женских особей тополя мужскими.

#### Библиографический список

Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1988. – 304 с.

- Бессонова В.П., Грицай З.В., Юсыпова Т.И. Использование цитогенетических критериев для оценки мутагенности промышленных поллютантов // Цитология и генетика. – 1996. – Т. 30. – № 5. – С. 70–76.
- Веселова Т.Д., Гревцова Н.А., Джалилова Х.Х. О возможности выявления видов-индикаторов загрязнения окружающей среды на основании анализа состояния мужской генеративной сферы у цветковых растений // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1996. – Т. 101. – № 4. – С. 69–72.
- А. с. 1725785 СССР МКИ А 01 Н 1/00. Способ определения интегрального эффекта неблагоприятных факторов внешней среды / Нечкина М.А., Куприянов П.Г. – 1992. – № 14. – С. 10.
- Зайцев Д.Ю., Круглова Н.Н. Состояние микроспор в пыльниках ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) в различных экологических условиях // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межведомств. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2005. – Вып. 5. – С. 33-40.
- Пат. 5845 UA, 7 A01G7/00. Спосіб фітоіндикаційної оціни токсичності ґрунтів антропогенно трансформованих екотопів. – А.І. Сафонов – № 20040907413; Заявл. 10.09.2004; Опубл. 15.03.2005. – Бюл. №3. – 14 с.
- Пат. 22814 UA, 7 A01G7/00. Спосіб оцінки токсичності середовища в умовах забруднення автомобільним транспортом. – А. І. Сафонов, П .С. Беломеря.– № 200613774; Заявл. 25.12.2006; Опубл. 25.04.2007. – Бюл. №5. – 9 с.
- Титов А.І., Беломеря П.С., Сафонов А.І. Різноманітність будови пилкових зерен рослин в умовах техногенного середовища // Сучасні проблеми екології. – Житомир: Б.в., 2006. – С. 86-88.
- Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции / Под ред. Т.Б. Батыгиной. – Генеративные органы цветка. – СПб.: Мир и семья, 1994. – Т. 1. – 320 с.
- Злаки Украины / Прокудин Ю.Н., Вовк А.Г., Петрова О.А. и др. – К.: Наукова думка, 1977. – 467 с.
- Круглова Н.Н. Периодизация развития пыльника злаков // Известия РАН. Серия биологическая. – 1999. – № 3. – С. 275–281.
- Бондарь Л.М., Частоколенко Л.В. Микроспорогенез как один из возможных биоиндикаторов загрязняющего воздействия автотрассы // Биол. науки. – 1990. – № 5. – С. 79–84.
- Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. – Киев, 1978. – 126с.
- Гуральчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т. 26. – № 1. – С. 107–117.
- Капранов С.В. Автотранспорт, воздух и здоровье. – Луганск, 1998. – 200 с.
- Круглова Н.Н. Критические фазы развития пыльника злаков: к постановке проблемы // Цитология. – 2001. – Т. 43. – № 4. – С. 356–357.

© Сафонов А.И., Беломеря П.С., 2007



## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ..... 1

ПЕТРЕНКО Ю. А. (ДОННТУ) ВЛИЯНИЯ ВЫПУСКА ПОРОДЫ ПРИ РАСШИРЕНИИ ВЫРАБОТОК НА ИХ ПОСЛЕДУЮЩУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ .....	5
КОЛЬЧИК Е.И. (ИФГП НАН Украины) ИЗМЕНЕНИЕ ПРОТЯЖЕННОСТИ ЗОНЫ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ.....	8
СОЛОВЬЕВ Г.И., (ДОННТУ); КОВАЛЬ А.Р., ЛИТОВЧЕНКО С.Г., (ШАХТА ИМ. А.А.СКОЧИНСКОГО) О СОХРАНЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ КОНВЕЙЕРНОГО ШТРЕКА ПРОДОЛЬНО-БАЛОЧНОЙ КРЕПЬЮ УСИЛЕНИЯ НА ШАХТЕ ИМ. А.А.СКОЧИНСКОГО ...	14
САМОЙЛОВ В. Л., ДЁМИНОВ А. Н. (Дон НТУ) АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ОБРУШЕНИЙ ЛОЖНОЙ КРОВЛИ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ.....	19
КОЛОМИЕЦ А.Ф., ПАСТЕРНАК Д.Н., РЕБРОВ Н.В. (Дон НТУ) ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЕКЦИЙ ФЕДОРОВА В КРИСТАЛЛОГРАФИИ.....	26
САМОЙЛОВ В.Л., ПАСКАЛЬНЫЙ В.А. (ДонНТУ) АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ПЛАСТА $k_8$ ШАХТЫ им. А.Ф.ЗАСЯДЬКО .....	29
КАТЬКАЛОВА О. А., КОЛОМИЄЦЬ А. Ф., ПАСТЕРНАК Д. М. (ДонНТУ) ВИКОНАННЯ ГРНИЧИХ КРЕСЛЕНЬ ЗАСОБАМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ .....	35
ГАВРИШ Н.Н., МАКАРОВ С.В. (ДонНТУ) ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ВЫБРОСООПАСНЫХ ЗОН НА ПЛАСТЕ $k_8$ ШАХТЫ «ОКТЯБРЬСКИЙ РУДНИК».....	40
ГАВРИШ Н.Н., ЧЕПУРЕНКО П.В. (ДонНТУ) ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗОН ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ КРОВЛЯМИ В ЛАВАХ ПЛАСТА $h_8$ ШАХТЫ ИМ. М.В. ФРУНЗЕ.....	43

### БЕЗОПАСНОСТЬ ..... 46

СОФИЙСКИЙ К.К., ЧЕРЕДНИКОВ В.В. (ИГТМ НАНУ, Г. ДНЕПРОПЕТРОВСК) ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГАЗОНАСЫЩЕННЫЙ ПОРОДНЫЙ МАССИВ В УСЛОВИЯХ ш. им. А.Ф. ЗАСЯДЬКО.....	46
ПОЛЕВАЯ А.В., АССИСТЕНТ ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЯ ШАХТ НА ОСНОВЕ ДЕПРЕССИОННОЙ СЪЁМКИ.....	52
ТРОФИМОВ В.О., БУЛГАКОВ Ю.Ф., ХАРЬКОВОЙ М.В., К.О.ГАЛАЙКО АЕРОДИНАМІЧНА СТРУКТУРА ГРНИЧИХ ВИРОБОК У ВЕНТИЛЯЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ .....	54
СОФИЙСКИЙ К.К., ЧЕРЕДНИКОВ В.В. (ИГТМ НАНУ, г. Днепропетровск), СЕРЕЖНИКОВ С.С. (ДонНТУ, Донецк) ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПНЕВМОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГАЗОНАСЫЩЕННЫЙ ПОРОДНЫЙ МАССИВ В УСЛОВИЯХ ш. им. ЗАСЯДЬКО А.Ф.....	58
ЗИНЧЕНКО С.А., ЧЕПУРЕНКО А.В.(ДонНТУ) ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ВЫВАЛООБРАЗОВАНИЙ В ГЛУБОКИХ ШАХТАХ ПУТЁМ ВОЗВЕДЕНИЯ ВРЕМЕННОЙ НАБРЫЗГБЕТОННОЙ КРЕПИ .....	64

ПАВЛЫШ В.Н., НЕСТЕРЕНКО Б.И., ПРОКОПЕНКО Е.В.(ДОННТУ) ПОСТРОЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ ПОВЕРХНОСТИ ПОРОДНОГО ОТВАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА SURFER.....	67
ПАВЛЫШ В.Н., НЕСТЕРЕНКО Б.И., ПРОКОПЕНКО Е.В.(ДОННТУ) ХАРАКТЕРИСТИКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМУ ПОРОДНОГО ОТВАЛА.....	70
КАЛЯКИН С.А., ЛАБИНСКИЙ К.Н., РУБЛЕВА О.И. (ДОННТУ) ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ДЕТОНАЦИИ И ИМПУЛЬСА ВЗРЫВА ЗАРЯДА В ПОРОДНОЙ ОБОЛОЧКЕ С ИНЕРТНЫМИ ПРОМЕЖУТКАМИ МЕЖДУ ПАТРОНАМИ ВВ.....	73
БУЛГАКОВ Ю.Ф. (ДОННТУ), СЛИЗКО А.Г. («ДНЕПРГИПРОШАХТ», ДНЕПРОПЕТРОВСК), КАЮН А.П. (ОАО ШАХТА «КРАСНОАРМЕЙСКАЯ –ЗАПАДНАЯ №1») ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ НОРМАЛИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ТРУДА ПО ПЫЛЕВОМУ ФАКТОРУ ПРИ ОТРАБОТКЕ ЛАВ ОБРАТНЫМ ХОДОМ.....	81
БУЛГАКОВ Ю.Ф., МЕЛЬНИКОВА Я.В., ЧИСТЮХИН В.В. (ДОННТУ) РЕЗУЛЬТАТЫ ШАХТНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВОДЯНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОВЕТРИВАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК.....	86
БУЛГАКОВ Ю.Ф. (ДОННТУ), СЛИЗКО А.Г. («ДНЕПРОГИПРОШАХТ», ДНЕПРОПЕТРОВСК), КАЮН А.П. (ОАО «УК «ШАХТА «КРАСНОАРМЕЙСКАЯ - ЗАПАДНАЯ №1») ВЛИЯНИЕ КАВИТАЦИИ НА РАБОТУ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ШАХТНОЙ СИСТЕМЫ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ.....	90
Кавера А.Л. (ДОННТУ) ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЗМА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ПЛАМЯ.....	98
БУЛГАКОВ Ю.Ф., ТРОФИМОВ В.А, ГАЛАЙКО К.А. ОХРАНА ТРУДА И ВЕНТИЛЯЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	108
СТУКАЛО В.А., КАНД. ТЕХН. НАУК (ДОННТУ) ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕЙСТВУЮЩИХ ГЛУБОКИХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ПО ТЕПЛОВОМУ ФАКТОРУ.....	112
ЯЙЛО В.В. (ДОННТУ) ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМУ И РАЗМЕРЫ ЗОНЫ РАЗРУШЕНИЯ ПЛАСТА ПРИ ВЗРЫВЕ СКВАЖИННОГО ЗАРЯДА.....	114
Ю.Ф. БУЛГАКОВ, Я.В. МЕЛЬНИКОВА (ДОННТУ), ЗИНЧЕНКО И.Н. (НИИГД). МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КАПЕЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ С ВЕНТИЛЯЦИОННЫМ ПОТОКОМ И СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА С ДАННЫМИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ.....	122
ПЕТРЕНКО Ю.А., РЕЗНИК А.В. (ДОННТУ) ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ УГЛА ЗАЛЕГАНИЯ ПОРОД НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРОЧНОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ.....	128
С.В.ПОДКОПАЕВ, В.Г.ПОТАПОВ, Е.А.ТЮРИН, А.Н.МИХАЙЛОВ, СТУД. Т.О.ХУДОЛЕЙ (ДОННТУ) К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ОТРАБОТКИ ЗАЩИТНЫХ ПЛАСТОВ.....	131
С.В.ПОДКОПАЕВ, В.Г.ПОТАПОВ, Е.А.ТЮРИН, А.Н.МИХАЙЛОВ, СТУД. А.Н.МАЛЕЕВА (ДОННТУ) О СПОЛЗАНИИ ПОРОД ПОЧВЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРУТЫХ ПЛАСТОВ.....	133
ЧИСТЮХИН В.В., ЧИСТЮХИНА А.В.(ДОН НТУ) ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНОЙ ОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	135

## **ЭКОЛОГИЯ..... 139**

КОЛЕСНИКОВА В.В. (ДонНТУ) СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ СКЛОНОВ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ К ОЗЕЛЕНЕНИЮ.....	139
КУСКОВ А.Є. (ДОНДУУ) ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ДОНЕЦЬКОГО РЕГІОНУ .....	142
МАТЛАК Е.С., ЛУНЕВА О.В. (ДонНТУ), ГОРДА В.И. (ДонНИПИЦМ) ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС УТИЛИЗАЦИИ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА БАЗЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОПИРОЛИЗА.....	152
ОТКИДАЧ В.В., АНДРИЙКО Т.В. ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ХХІ ВЕКА.....	158
Р.М. ТАРАНЕЦ (ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ НАН УКРАИНЫ, Г. ДОНЕЦК), В.А. ПРИВАЛОВ, С.Ю. ПРИХОДЬКО (ДОННТУ). ВЛИЯНИЕ МАССОВЫХ СИЛ НА ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА.....	160
Д.В. РУДАКОВ. ПРОГНОЗ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТА РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ В ШАХТНОМ ПОЛЕ.....	164
САФОНОВ А.И., КРОТЕВИЧ Н.Г., ВАСИЛЕВСКАЯ И.Ю. (ДОННУ) АНТЕНАТАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ТЕРАТОГЕННЫХ ФАКТОРОВ .....	170
ГОРОДНОВ В. П. (Академия внутренних войск МВД Украины) ПРИНЦИП РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЛЕГАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ, КАК ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	178
ДМИТРОВ С.О., КОВАЛЕНКО А.П. (НБУ) УПРАВЛІННЯ ОПЕРАЦІЙНИМ РИЗИКОМ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ .....	186
ШАФОРОСТОВА М.Н. (ДонНТУ) ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЧЕТА ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ .....	193
АНТОНОВ А.В. (УКРНДІПБ МНС УКРАЇНИ), ДЕРЕВИНСЬКИЙ Д.М. (ІДУ ЦЗ МНС УКРАЇНИ) ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ З НАЯВНІСТЮ ГАЗОВОГО ГОРЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА ТА НАГРІТИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОВЕРХОНЬ У ЗАМКНЕНОМУ ПРОСТОРИ.....	199
МАЛАШКИНА В.А. ( МГГУ, МОСКВА.) ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ .....	202
КОЗЯР Н.М., КОВАЛИШИН В.В., (ЛДУБЖД МНС УКРАЇНИ), БОРОВИКОВ В.О., АНТОНОВ А.В., (УКРНДІПБ МНС УКРАЇНИ) обґрунтування напрямків розроблення зарядів до водяних і водопінних вогнегасників та УСтановок пожежогасіння .....	210
АРТАМОНОВ В. М.(ДОННТУ), КАМУЗ А. М.(СО ДПРНДІ "ТЕПЛОЕЛЕКТРОПРОЕКТ" ВАТ "ДОНБАСЕНЕРГО") СИСТЕМНЕ ВИЯВЛЕННЯ Й ОБґРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В УМОВАХ КАР'ЄРУ.....	214
Беляева А.Е., Матлак Е.С., Беляева Е.Л. (ДонНТУ) ОБ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ УГОЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ .....	225

БЕЛЯЄВА О.Л., КАРАГАДЬЯН М.В., ПОЛШКУР Є.О., БЕЛЯЄВА Г.Є. (ДОННТУ) РОЗВИТОК МЕХАНІЗМУ РЕГУЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В УМОВАХ ПІДПРИЄМСТВА ВАТ «РУТЧЕНКІВСЬКИЙ ЗАВОД «ГОРМАШ» .....	230
БОРОВИКОВ В.О., ЗГУРЯ В.І., СЛУЦЬКА О.М., ЧЕПОВСЬКИЙ В.О. (УКРНДІПБ МНС УКРАЇНИ) шляхи підвищення достовірності результатів оцінки показників якості піноутворювачів для гасіння пожеж.....	236
ГОЛЕВИЧ Е.В., САФОНОВ А.И.(ДОННУ) ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПРИРОДНОЙ ФЛОРЫ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА .....	242
ИВАНИЦКАЯ Н.Ф., СТЕПАНОВА М.Г, КВАШЕНКО В.П., БРАГИН Ш.Б.(ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. ГОРЬКОГО) ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ОБЪЕКТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА.....	251
ЮЗЕФ ПАРХАНЬСКИ (СИЛЕЗСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ, г.ГЛИВИЦЕ, ПОЛЬША, ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ, ИНСТИТУТ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ) МЕТОД КОЭФФИЦИЕНТНОЙ ОЦЕНКИ РИСКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА КАК ДОПОЛНЕНИЕ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА. ....	254
АРТАМОНОВ В. М. (ДонНТУ), КАМУЗ А. М. (ДПР НДІ "Теплоэлектропроект") ВИКОРИСТАННЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН І ВИРШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	260
САФОНОВ А.И., БЕЛОМЕРЯ П.С. (ДОННУ) ЭКОЛОГО-ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ АЛЛЕРГЕНОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ .....	265







## **ГЕОТЕХНОЛОГІЇ І УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ХХІ СТОРІЧЧЯ**

**Збірник наукових праць II міжнародної науково-практичної  
конференції в м. Донецьку 2 – 3 жовтня 2007 року  
(мовою оригіналу)**

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції: серія ДК № 2982 від 21.09.2007.

Підписано до друку 20. 09. 2007. Формат 60 x 80 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Папір офсетний.  
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 22,52 Обл. вид. арк. 22, 37  
Тираж 300 прим.

Надруковано: РВВ ДонНТУ, 83000, м. Донецьк, вул. Артема, 58, 9-й уч. корпус. Тел.  
(062) 301-03-04