

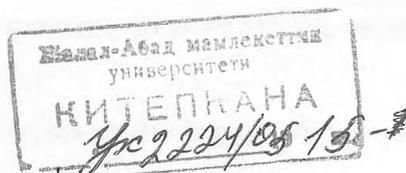
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ЖАЛАЛАБАТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**В Е С Т Н И К**

**2 0 0 5 / 5**

**Серия: Естественно-технические науки**



*Жалалабат*  
*2005*

**Редакционная коллегия:**

**Аширалиев А.А.** – главный редактор

**Сулайманов Ш.А.** – зам. главного редактора

**Каримов А.** – ответственный секретарь

**Абдраимов С.А.**

**Асанканов А.А.**

**Бекболотов Т.Б.**

**Бокошов Ж.Б.**

**Бримкулов У.Н.**

**Брудный А.А.**

**Жумалиев К.Ж.**

**Какеев А.Ч.**

**Ниязалиев Ш.М.**

**Ормонбеков Т.О.**

Аширалиев А.А.,  
Калманбетов М.К.,  
Кочкорова М.Б.

## Асимптотические методы управления процессом бурения

Динамическая модель процесса бурения представляет собой движения объекта управления, состоящую из различных звеньев.

Совокупность таких моделей является математическими описаниями исследуемого объекта и могут быть записаны, в виде обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений в частных производных, интегро- дифференциальными уравнениями или их системами. При этом в качестве коэффициентов при части производных могут оказаться малые параметры. В таких случаях для исследования указанного класса задач применения теории сингулярных возмущений является эффективным.

Цель данной работы показать возможности сведения моделей процессов бурения к так называемым тихоновским системам [5].

### 1. Математическая модель бурового става

При описании процесса бурового става допускается ряд допущений и в результате вместо точного описания в виде систем уравнений в частных производных, имеющей бесконечное число решений, получается обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка [2].

$$T_2^2 \frac{d^2 \Delta P_2}{dt^2} + T_1 \frac{d \Delta P_2}{dt} + \Delta P_2 = k_1 \Delta P_1 \quad (1)$$

- уравнение гидравлического исполнительного механизма подачи;

где  $T_2 = \sqrt{\frac{m}{c_1}}$  - постоянное времени раскачивания;

$T_1 = \frac{c_2}{c_1}$  - постоянное времени демпфирования;

$K_1$ -коэффициент передачи осевой нагрузки с поверхности к забою;  $c_1$  - коэффициент жесткости пружин;  $c_2$  - коэффициент сопротивление движению;  $m$  - масса буровой колонны и связанная с ней частей бурового станка.

### 2. Математическая модель системы приводов

Процесс работы системы приводов с учетом ряда допущений может быть описан обыкновенными дифференциальными уравнениями второго порядка [2].

$$T_b T_\Omega \frac{d^2 \Omega}{dt^2} + (T_b + T_\Omega) \frac{d \Omega}{dt} + \Omega = K U_b - M_c, \quad (2)$$

где  $T_b = L_b / R_b$  - постоянная времени обмотки возбуждения;  $T_\Omega = 1/p$  - электромеханическая постоянная времени двигателя;  $M_c$  - момент сопротивления.  $U_b$  - скорость подачи.

Пологая  $\Omega = \varphi$ , из этого уравнения можно получить уравнение относительно угла  $\varphi$  поворота вала.

### 3. Математическая модель композиции подсистемы подачи

Эта подсистема включает модель привода и модель поступательных перемещений бурового става [2], и связывает уравнение (1) и (2).

Для этого перепишем (2) в виде

$$T_0 \frac{d^2 \Delta P_1}{dt} + T_5 \frac{d \Delta P_1}{dt} + K_5 \Delta P_1 = KU_b - M_c \quad (3)$$

где введены обозначения:  $\Omega = R_3 \Delta P_1$ ,  $T_6 = TT_3 K_3$ ,  $T_5 = (T_6 + T_3) K_3$ ;  $K_3 = K_5$

Умножаем обе части уравнения (1) на  $K_5$  и делим на  $K_1$ :

$$T_2^2 \frac{K_5}{K_1} \frac{d^2 \Delta P_2}{dt^2} + T_1 \frac{K_5}{K_1} \frac{d \Delta P_2}{dt} + \frac{K_5}{K_1} \Delta P_2 = k_5 \Delta P_1 \quad (4)$$

продифференцируем уравнение (1) и умножим на  $T_5$  и делим на  $K_1$

$$T_2^2 \frac{T_5}{K_1} \frac{d^3 \Delta P_2}{dt^3} + T_1 \frac{T_5}{K_1} \frac{d^2 \Delta P_2}{dt^2} + \frac{T_5}{K_1} \frac{d \Delta P_2}{dt} = T_5 \frac{d \Delta P_1}{dt} \quad (5)$$

Еще раз продифференцируем уравнение (1) и умножаем на  $T_6$  и делим на  $K_1$ :

$$T_2^2 \frac{T_6}{K_1} \frac{d^4 \Delta P_2}{dt^4} + T_1 \frac{T_6}{K_1} \frac{d^3 \Delta P_2}{dt^3} + \frac{T_6}{K_1} \frac{d^2 \Delta P_2}{dt^2} = T_6 \frac{d^2 \Delta P_1}{dt^2} \quad (6)$$

Складываем уравнения (4) и (6) имеем:

$$\begin{aligned} T_2^2 \frac{T_6}{K_1} \frac{d^4 \Delta P_2}{dt^4} + \frac{T_2^2 T_5 + T_1 T_6}{K_1} \frac{d^3 \Delta P_2}{dt^3} + \frac{T_2^2 K_5 + T_1 T_5 + T_1 T_6}{K_1} \frac{d^2 \Delta P_2}{dt^2} + \frac{T_1 K_5 + T_5}{K_1} \frac{d \Delta P_2}{dt} + \frac{K_5}{K_1} \Delta P_2 = \\ = k_5 \Delta P_1 + T_5 \frac{d \Delta P_1}{dt} + T_6 \frac{d^2 \Delta P_1}{dt^2} \end{aligned} \quad (7)$$

Т.к. правая часть этого равенства совпадет с левой частью уравнения (6), то обозначая  $\Delta P_2 = P_2$ , получим:

$$\begin{aligned} T_2^2 \frac{T_6}{K_1} \frac{d^4 P_2}{dt^4} + \frac{T_2^2 T_5 + T_1 T_6}{K_1} \frac{d^3 P_2}{dt^3} + \frac{T_2^2 K_5 + T_1 T_5 + T_6}{K_1} \frac{d^2 P_2}{dt^2} + \frac{T_1 K_5 + T_5}{K_1} \frac{d P_2}{dt} + \frac{K_5}{K_1} P_2 = \\ = KU_b - M_c \end{aligned} \quad (8)$$

Это уравнение запишем в виде матричной системы дифференциальных уравнений. Для этого введем обозначения:

$$\begin{aligned} P_2 = Y_1, P_2' = Y_1' = Y_2, P_2'' = Y_2' = Y_3, P_2''' = Y_3' = Y_4, P_2^{IV} = Y_4' \\ a_0 = T_2^2 \frac{T_6}{K_1}, a_1 = \frac{T_2^2 T_5 + T_1 T_6}{K_1}, a_2 = \frac{T_2^2 K_5 + T_1 T_5 + T_6}{K_1}, a_3 = \frac{T_1 K_5 + T_5}{K_1} a_4 = \frac{K_5}{K_1} \end{aligned}$$

тогда система уравнений имеет вид

$$\begin{cases} Y_1' = Y_2 \\ Y_2' = Y_3 \\ Y_3' = Y_4 \\ a_0 Y_4' + a_1 Y_4 + a_2 Y_3 + a_3 Y_2 + a_4 Y_1 = KU_b - M_c \end{cases}$$

Поскольку  $a_0 \ll 1$ , то система (8) представляет систему сингулярно-возмущенных уравнений.

Если ввести блочные матрицы:

$$A_{11} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -a_4 & -a_3 & -a_2 \end{pmatrix}, \quad A_{12} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -a_1 \end{pmatrix}, \quad A_{21} = (0 \ 0 \ 0), \quad A_{22} = (-a_0),$$

$$X = (Y_1 \ Y_2 \ Y_3)^T, \quad Z = (Y_4),$$

то система (8) переписывается в виде:

$$\dot{X} = A_{11}X + A_{12}Z \tag{9}$$

$$\varepsilon Z = A_{21}X + A_{22}Z + BU + f$$

Далее, можно провести анализ для системы сингулярно возмущенных уравнений (9) при нулевых начальных условиях

$$X(0) = X_0, \quad Z(0) = Z_0$$

на основе асимптотической теории систем управления [5].

#### 4. Математическая модель вращательных перемещений

Если не учитывать некоторые параметры, то можно считать, что модель вращательных перемещений имеет вид [3].

$$I \frac{d^2\varphi}{dt^2} = M_{KP} - M_{TP} - M_p - M_{HP}, \tag{10}$$

где  $I$  – приведенный момент инерции бурильной колонны;  $\varphi$  – угол поворота верхнего кольца колонны;  $M_{KP}$  – крутящий момент;  $M_{TP}$  – момент трения внешней части бурильной колонны;  $M_p$  – момент, идущий на разрушение горной породы;  $M_{HP}$  – момент сопротивления скручивания колонны – пружины.

Разлагая  $M_{TP}$  и  $M_p$  в ряд Тейлора, получим:

$$M_{TP} = (M_{TP})_0 + \left(\frac{dM_{TP}}{dW}\right)\Delta W + \xi_1, \quad M_p = (M_p)_0 + \left(\frac{dM_p}{dW}\right)\Delta W + \xi_2$$

Отбрасывая  $\xi_1$  и  $\xi_2$  как малые высшие порядков и представляя в отклонениях от состояния равновесия  $\Delta M_{KP} = M_{KP} - (M_{KP})_0$ ,  $\Delta M_{HP} = (M_{HP} - (M_{HP})_0)$ , или, так как  $r\Delta\varphi = r\varphi - (r\varphi)_0$ , то уравнения (10) можно написать в виде:

$$J \frac{d^2\Delta\varphi}{dt} + \left[\frac{dM_{TP}}{dW} + \frac{dM_p}{dW}\right] \frac{d\Delta\varphi}{dt} + r\Delta\varphi = \Delta M_{KP}$$

После приведения, имеем:

$$T_4^2 \frac{d^2\Delta\varphi}{dt^2} + T_3 \frac{d\Delta\varphi}{dt} + C_n \Delta\varphi = M_B, \tag{11}$$

где  $T_4 = \sqrt{\frac{1}{M_{KP}}}$  – постоянная времени раскачивания;  $M_B$  – номинальный крутящий момент;

$$T_3 = \left[\left(\frac{dM_{TP}}{dW}\right) + \left(\frac{dM_p}{dW}\right)\right] / \Delta M_{KP}$$
 – постоянная времени успокоения.

Присоединяя сюда, уравнение процесса работы системы привода, получим уравнение подсистемы вращательных перемещений:



Поскольку вал привода жестко связан с валом насоса, описывающий процесс удаления продуктов разрушения из скважины, будет иметь вид:

$$T_b T_c T_H \frac{d^2 Q}{dt^2} + (T_b + T_c) T_H \frac{dQ}{dt} + T_H Q = K U_b - M_c, T_H = \frac{2\pi}{l_1 q_1 \eta_{01}}$$

Если учесть, что  $\varphi = \Omega$ , последнее уравнение можно записать в виде

$$C_5 \frac{d^4 Q}{dt^4} + C_4 \frac{d^3 Q}{dt^3} + C_3 \frac{d^2 Q}{dt^2} + C_2 \frac{dQ}{dt} + C_1 Q + \int_0^t C_0 Q(t) dt = b_1 U + b_2,$$

или после введения обозначений, получим матричную сингулярно возмущенную систему интегрально – дифференциальных уравнений.

$$\begin{aligned} Y &= A_{11} Y + A_{12} Z + B_1 U + f_1 \\ \varepsilon Z &= A_{21} Y + A_{22} Z + \int_0^t K_{11} Z(t) dt + B_2 U + f_2 \end{aligned} \quad (16)$$

Далее, можно провести анализ полученной системы на основе асимптотической теории сингулярно возмущенных уравнений [5].

### 6. Математическая модель систем подачи

Известно [2], что управление гидравлического исполнительного механизма (ГИМ) при ряде допущений, а именно:

1. Источник постоянного давления идеальный;
2. Трение в трубопроводах и каналах отсутствует;
3. Через дросселирующее окно проходит ламинарный поток;
4. Утечки в уплотнениях пренебрежимо малы;
5. Вязкое трение отсутствует;
6. Нелинейностями пренебрегаем;
7. Давление масла на сливе постоянное;
8. Запаздыванием жидкости пренебрегаем;
9. Нагрузка на штоке ГИМ постоянна, может быть записано в виде.

$$T_n \frac{d^2 S_a}{dt^2} + \frac{ds_a}{dt} = k_n x \quad (17)$$

Где  $T_n = \frac{m}{D}$ ,  $K_n = \frac{k_{op} F_c N}{D}$ ,  $\Delta x = x$ ,  $k_{op} = \frac{\Delta p_{H*М}}{\Delta x}$ ,  $F_{сн} = F_{св} P_{HH} - F_{сн} * P_{сн}$

$m$  – масса поршней и связанных с ним частей бурового станка, кг;  $S_a$  – координата верхнего конца бурового става, М.,  $P_{H,М}$  – давление в напарной магистрали, Н /м<sup>2</sup>;  $F_{сн}$  – суммарная эффективная площадь низких торцов поршней М<sup>2</sup>;  $D$  – коэффициент демпфирования (вязкого трения поршня), м / (м/сек);  $P_{сн}$  – давление в сливной полости цилиндра;  $x$  – линейное перемещение дросселей иглы (входная величина);  $C_{T_u}$  – осевое усилие,  $V_n$  – скорости подачи (выходные величины).

Если учесть, что  $K_n = \partial V_n / \partial x$ , и то, что  $S_a$  зависит от времени  $t$  и от  $x$ , то уравнение (17) можно переписать в виде

$$T_n \frac{\partial^2 S_B}{\partial t^2} - x \frac{\partial^2 S_B}{\partial t \partial x} + \frac{\partial S_B}{\partial x^2} = 0$$

Таким образом, уравнение системы подачи является уравнением в частных производных второго порядка. При больших значениях  $D$  коэффициент  $T_n$  будет

достаточно малой величиной. Следовательно, для анализа процесса работы систем подачи можно использовать асимптотические методы решения уравнений систем с распределенными параметрами [4].

### Литература

1. М.Г. Чиликин. Основы автоматизированного электропривода. М., Энергия, 1974.
2. Терехов Н.И. и др. Регулирование и управление режимами бурения взрывных скважин М., Недра, 1980.
3. Н.А. Плишке, А.М. Цыкунов. Оптимальные системы управления процессов бурения. Бишкек, 1991.
4. Т.К.Сиразетдинов. Оптимизация систем с распределенными параметрами. М.: Наука, 1977.
5. М.К.Калманбетов Асимптотические методы в теории управления систем с особенностями. Жалалабат, 2003.

\* \* \* \*

Калманбетов М.К.  
Токтогулова З.А.

### Асимптотика синтеза одной задачи теории управления

В [2] рассматривается метод построения управления квазилинейных систем. В данной статье в качестве примера, иллюстрирующего работоспособность метода рассмотрена задача построения асимптотики синтеза одной задачи, учитывающей малое запаздывание в координате [3. ]

Объект описывается квазилинейным уравнением:

$$\begin{aligned} x &= 2e^t x - 3y + \mu \sin x + u, \\ \mu y &= 3x - 2e^{-t} y + \mu \cos y. \end{aligned} \quad (1)$$

с начальными условиями:

$$x(0)=1, y(0)=-1 \quad 0 < t < 10$$

Критерий оптимизации имеет вид:

$$J(u) = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_1} (x^2 + y^2 + u^2) dt + \frac{1}{2} x^2(t_1)$$

Уравнение (1) как систему первого приближения, представим в виде:

$$\dot{Z}(t) = A(t, \mu)Z(t) = B(t, \mu)u(t), \quad (2)$$

где  $A = \begin{bmatrix} 2 + \mu - 3 \\ -\frac{3}{\mu} - \frac{2}{\mu} \end{bmatrix}, B = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, Z = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}.$

Для данного примера имеем [2]:

$$R=1, \quad Q = \begin{pmatrix} 10 \\ 01 \end{pmatrix}$$

Оптимальное управление, соответствующее задаче (2) имеет вид:

$$u(t, \mu) = R^{-1}(t)B'(t)K(t, \mu)Z(t, \mu), \quad (3)$$

где  $K(t, \mu)$ -решение уравнения Рикатти:

$$\frac{dK}{dt} = -KA - A^T K + KBR^{-1}B^T K - Q, \quad K(t_1, \mu) = 1 \quad (4)$$

Матрицу  $K(t, \mu)$  можно представить в виде [2]:

$$K(t, \mu) = \begin{bmatrix} K_1(t, \mu) & \mu K_2(t, \mu) \\ \mu K_2^T(t, \mu) & \mu K_3(t, \mu) \end{bmatrix}$$

Тогда, вместо матричного уравнения (4) получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dK_1}{dt} - K_1^2 - (4 + 2\mu K_1 - 2K_2 - 1, \\ \mu \frac{dK_2}{dt} = -3K_1 - (2\mu + \mu^2 - 1)K_2 - K_3 + \mu K_1 K_2, \\ \mu \frac{dK_3}{dt} = -6\mu K_2 - 2K_3 \mu^2 K_2^2 - 1 \end{aligned} \quad (5)$$

с конечными условиями:

$$K_1(t_1, \mu) = 1 \quad K_2(t_1, \mu) = 0 \quad K_3(t_1, \mu) = 0 \quad (6)$$

Введем «быстрое» время  $\tau = (t - t_1) / \mu$ , и решение системы (5) представим в виде:

$$K_i(t, \mu) = \sum_{i=0}^{\infty} (\bar{K}_{ij}(t) + \Pi_{jk_i(\tau)}) \mu^i, \quad i = \overline{1,3}. \quad (7)$$

Функции  $\Pi_{jk_i(\tau)}$ ,  $i = \overline{1,3}$ ,  $j = \overline{0,1,2}$ , .. называются функциями пограничного слоя, которые служат поправками к  $\bar{K}_{ij}(t)$  в окрестности  $t=t_1$  и стремятся к нулю с ростом экспоненциально.

Подставляя (7) в (5) и (6), и выделяя быстрые и медленные составляющие, в нулевом приближении имеем две системы уравнений.

Относительно медленной независимой переменной  $t$ :

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{K}_{10}}{dt} &= \bar{K}_{10}^2 - 4\bar{K}_{10} - 2\bar{K}_{20} - 1, \\ 0 &= -3\bar{K}_{10} + \bar{K}_{20} - \bar{K}_{30}, \\ 0 &= -2\bar{K}_{30} - 1; \end{aligned} \quad (8)$$

относительной быстрой независимой переменной  $\tau$ :

$$\begin{aligned} \frac{d\Pi_{0K_1}}{d\tau} &= 0 \\ \frac{d\Pi_{0K_2}}{d\tau} &= -3\Pi_{0K_1} + \Pi_{0K_2} - \Pi_{K_1}, \\ \frac{d\Pi_{0K_3}}{d\tau} &= -2\Pi_{0K_3} \end{aligned} \quad (9)$$

Краевые условия в нулевом приближении для (8) и(9) имеют вид:

$$\bar{K}_{10}(t_1) + \Pi_{0K_1(0)} = 0 \quad \bar{K}_{20}(t_1) + \Pi_{0K_2(0)} = 0 \quad \bar{K}_{30}(t_1) + \Pi_{0K_3(0)}, \quad (10)$$

$$\Pi_{0K_1(0)} = \bar{K}_{10}(t_1) = 1, \quad \Pi_{0K_2(0)} = -K_{20}(t_1), \quad \Pi_{0K_3(0)} = -K_{30}(t_1), \quad (11)$$

Решаем (8), учитывая (11):

$$K_{30}(t) = -\frac{1}{2}, \quad K_{20}(t) = 3\bar{K}_{10} - \frac{1}{2}.$$

$$\frac{d\bar{K}_{10}}{dt} = \bar{K}_{10}^{-2} - 10\bar{K}_{10}$$

с начальным условием:

$$\bar{K}_{10}(t) = 1$$

Введем новую переменную  $S = \bar{K}_{10}^{-1}$ , тогда вместо системы (8) имеем следующую систему:

$$\frac{dS}{dt} + 10S = 1, \quad \frac{dS}{dt} - 10S = 0,$$

$$\frac{ds}{dt} = 10S, \quad \frac{dS}{S} = 10dt.$$

Отсюда имеем:

$$S = Ce^{10t}.$$

Решение исходного уравнения ищем в виде:

$$S = C(t)e^{10t}, \quad S(t_1) = C(t_1)e^{10t_1} = \bar{K}_{10}^{-1}(t_1) = 1.$$

Здесь  $C(t)$  - некоторая, подлежащая определению, дифференцируемая функция от  $t$ , и удовлетворяет условию  $C(t_1) = e^{-10t_1}$

Подставляя исходное уравнение  $S$  и  $S'$  Придем к уравнению:

$$C'(t)e^{10t} + 10C(t)e^{10t} = -1$$

или

$$C'(t) = e^{-10t}, \\ C(t) = 0,1e^{-10t},$$

Таким образом, получим общее решение данного уравнения:

$$S(t) = 0,1e^{-10t}e^{10t} = 0,1, \quad S(t_1) = C(t_1)e^{10t_1} = \bar{K}_{10}^{-1}(t_1) = 1$$

Здесь

$$\bar{K}_{10}(t) = \frac{1}{S} = 10, \quad \bar{K}_{20}(t) = 29,5.$$

Решение уравнения Рикатти в нулевом приближении имеет вид:

$$\bar{K}_0(t, \mu) = \begin{bmatrix} 1029,5\mu \\ 29,5 - 0,5\mu \end{bmatrix}.$$

Для функций пограничного слоя имеем:

$$\Pi_{0K_1(0)} = 0 \quad \Pi_{0K_1(0)} = \bar{K}_{20}(t) = -29,5$$

$$\Pi_{0K_3(0)} = -\bar{K}_{30}(t) = 0,5$$

Учитывая (10) при всех  $\tau \leq 0$ , получим решение системы (9)

$$\Pi_{0K_1(\tau)} = 0 \quad \Pi_{0K_2(\tau)} = 6e^{-\tau} \quad \Pi_{0K_3(\tau)} = e^{-2\tau}$$

Уравнение, соответствующее полной задаче и найденное в нулевом приближении, имеет вид.

$$u_0(t, \mu) - [-10x - 29,5\mu y]$$

Покажем, что:

$$u_0(t) = \bar{u}(x(t)) = -10x$$

Полагая в исходном уравнении  $\mu = 0$ , имеем:

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{5}{2}x + u$$

С начальным условием:

$$x(0) = \bar{x}(0) = 1$$

Соответствующий критерий качества имеет вид:

$$J[\bar{u}] = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_1} \left[ \frac{13}{4}x + u^{-2} \right] dt.$$

Так как  $A = \frac{5}{2}$ ,  $B=1$   $Q = \frac{13}{4}$ ,  $R=1$ , соответствующее уравнение Рикатти

запишется в виде:

$$K^2 - 10K - \frac{13}{4} = 0$$

Которое имеет решение  $\bar{K} = 10$

Тогда уравнение определяется по формуле

$$\bar{u}(x(t)) = -10x$$

Это доказывает справедливость равенства:

$$\lim_{\mu \rightarrow 0} u_0(x(t, \mu)) = \bar{u}(x(t)) = u_0(t)$$

### Литература

1. Волков И.К., Загоруйко Е.А. Исследование операции. М. МГТУ, 2000
2. Калманбетов М.К. Асимптотические методы в теории управления систем с особенностями. Жалалабат, ЖАГУ, 2003
3. Майзенберг Т.Л. Метод возмущений в задачах оптимального управления нелинейными системами. Автоматика и телемеханика. 1975

\* \* \* \*

Токтосунова М.Т.

### Изучение функций с помощью критического мышления

На практике мы часто встречаемся с зависимостями между различными величинами. Например, площадь круга зависит от его радиуса, масса металлического бруска зависит от его объема и плотности металла. Объем прямоугольного параллелепипеда зависит от его длины, ширины и высоты.

Рассмотрим примеры.

Пример 1. Площадь квадрата зависит от длины его стороны. Пусть стороны квадрата равны  $a$  см, а его площадь равна  $S$  см<sup>2</sup>.

Для каждого значения переменной,  $a$  можно найти соответствующее значение переменной  $S$ .

Так, если  $a=3$ , то  $S=3^2=9$   
 если  $a=15$ , то  $S=15^2=225$   
 если  $a=0,4$ , то  $S=0,4^2=0,16$

Зависимость переменной  $S$  от переменной  $a$  выражается формулой

$$S=a^2$$

(по смыслу задачи  $a>0$ )

Переменную  $a$ , значения которой выбираются произвольно, называют независимой переменной, а переменную  $S$ , значения которой определяются выбранными значениями  $a$ , зависимой переменной.

Пример 2. Пусть, пройденный автомобилем со скоростью 50 км/ч, зависит от времени движения.

Обозначим время движения автомобиля (в часах) буквой  $t$ , а пройденный путь буквой  $S$ . Для каждого значения переменной  $t$ , где  $t > 0$ , можно найти соответствующее значение переменной  $s$ . Например,

если  $t=0,5$ , то  $S=50 \cdot 0,5=25$ ;

если  $t=2$ , то  $S=50 \cdot 2=100$ ;

если  $t=3,5$ , то  $S=50 \cdot 3,5=175$

Зависимость переменной  $S$  от переменной  $t$  выражается формулой.

$$S=50t$$

В этом примере  $t$  является независимой переменной, а  $S$ -зависимой переменной.

Пример 3. Стоимость проезда в пригородном поезде зависит от номера зоны, к которой относится станция. Эта зависимость показана в таблице (буквой  $n$  обозначен номер зоны, а буквой  $m$ - соответствующая стоимость проезда в сомах):

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m	10	15	20	25	30	35	55	65	85

По этой таблице для каждого значения  $n$ , где  $n=1,2,\dots,9$ , можно найти соответствующее значение  $m$ .

Так, если  $n=2$ , то  $m=15$ ;

если  $n=5$ , то  $m=30$ ;

если  $n=9$ , то  $m=85$ ;

В этом случае  $n$  является независимой переменной, а  $m$ -зависимой переменной.

В рассмотренных примерах каждому значению независимой переменной соответствует единственное значение зависимой переменной. Такую зависимость одной переменной от другой называют функциональной зависимостью или функцией.

Все значения, которые принимает независимая переменная, образуют область определения функции. Например, область определения функции, рассмотренной в примере 1, состоит из всех положительных чисел, а в примере 3 - из всех чисел от 1 до 9.

Функции, которые мы рассматривали выше, задавались различными способами. Наиболее распространенным способом является задание функции с помощью формулы. Формула позволяет для любого значения аргумента находить соответствующее значение функции путем вычислений.

Пример 1. Пусть функция задана формулой

$$y = \frac{3x-1}{2}, \text{ где } -3 \leq x \leq 3$$

Найдем значения  $y$ , соответствующие целым значениям  $x$ :

если  $x=-3$  то  $y = \frac{3 \cdot (-3) - 1}{2} = -5$

если  $x=-2$  то  $y = \frac{3 \cdot (-2) - 1}{2} = -3,5$  и т.д.

Результаты вычислений удобно записать в виде таблицы, поместив в верхней строке значения аргумента, а в нижней строке соответствующие значения функции:

X	-3	-2	-1	0	1	2	3
y	-5	-3,5	-2	-0,5	1	2,5	4

Мы выбирали каждый раз значение  $x$  на 1 больше предыдущего. Говорят, что мы составили таблицу значений функции с шагом 1.

В рассмотренном примере была указана область определения функции. Если функция задана формулой и область определения функции не указана, то считают, что область определения состоит из всех значений независимой переменной, при которых эта формула имеет смысл. Например, область определения функции, заданной формулой  $y=x(x+5)$ , состоит из всех чисел, в область определения функции, заданной формулой

$$y = \frac{1}{x-2},$$

состоит из всех чисел кроме числа 2.

С помощью формулы, задающей функцию, решают также задачу отыскания значений аргумента, которым соответствует данное значение функции.

Пример 2. Функция задана формулой  $y=12x-3,6$ . Найдем, при каком значении  $x$  значение функции равно 2,4

Подставили в формулу  $y=12x-3,6$  вместо  $y$  число 2,4. Получим уравнения с переменной  $x$ :

$$2,4=12x-3,6$$

Решив его, найдем, что  $x=0,5$

Значит,  $y=2,4$  при  $x=0,5$

Заметим, что мы смогли решить эту задачу, так как она свелась к уравнению, способ решения которого нам известен.

Решим еще несколько примеров.

Пример 3. Функция задана формулой  $y=2x+7$ . Найдите значение функции, соответствующее значению аргумента, равному 1; -20; 43.

Найдем значения функции соответствующие данным значениям аргумента 1; 20; -3.

если  $x=1$ , то  $y=2 \cdot 1+7=9$

если  $x=-20$ , то  $y=2 \cdot (-20)+7=-33$

если  $x=43$ , то  $y=2 \cdot 43+7=93$

Вот мы нашли значения функции при заданных значениях аргумента.

Рассмотрим функцию, заданную формулой  $y = \frac{6}{x+3}$ , где  $-2 \leq x \leq 3$ . По этой формуле

для любого значения аргумента можно найти соответствующее значение функции. Возьмем, например, целые значения аргумента. Получим:

если  $x=-2$ , то  $y=6$

если  $x=-1$ , то  $y=3$

если  $x=0$ , то  $y=2$

если  $x=1$ , то  $y=1,5$

если  $x=2$ , то  $y=1,2$

если  $x=3$ , то  $y=1$

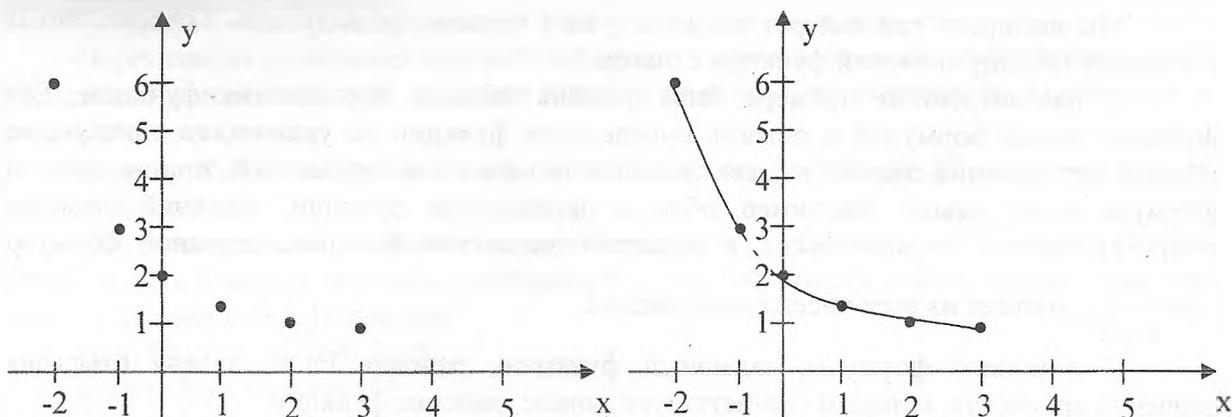
Каждую из найденных пар значений  $x$  и  $y$  изобразим точкой в координатной плоскости, считая значение  $x$  абсциссой, а соответствующее значение  $y$  ординатой выбирая другие значение  $x$  из промежутка от -2 до 3 и вычисляя соответствующие им значения  $y$  по формуле

$y = \frac{6}{x+3}$ , будем получать другие пары значений  $x$  и  $y$ . каждой из

этих пар также соответствует некоторая точка координатной плоскости. Все точки

образуют график функции, заданной формулой,  $y = \frac{6}{x+3}$ , где  $-2 \leq x \leq 3$ .

Определение: графиком функции называется множество всех точек координатной плоскости, абсциссы которых равны значениям аргумента, а ординаты - соответствующим значениям функции.



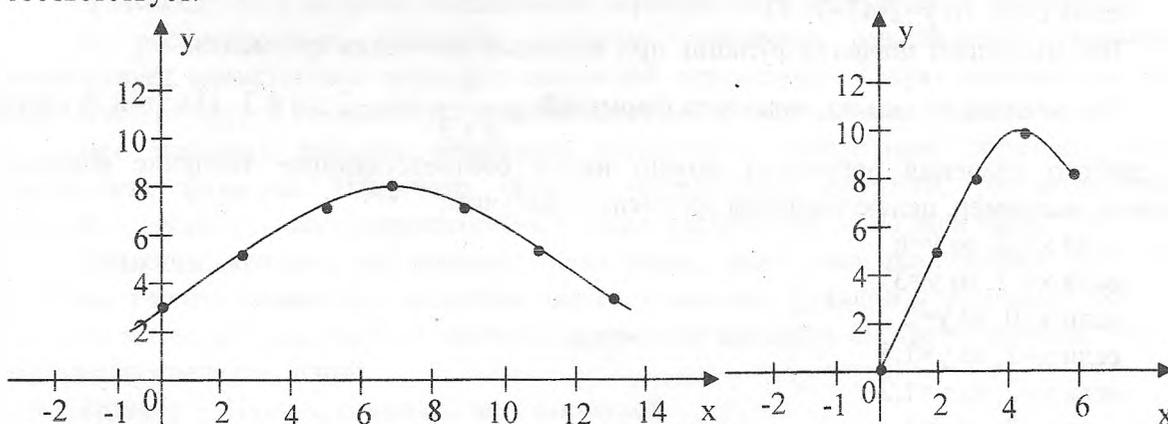
Пример 1. Построим график функции, заданной формулой  $y=x(6-x)$ , где  $-1 \leq x \leq 5$

Составим таблицу соответствующих значений аргумента и функции

X	-1	0	1	2	3	4	5
y	-7	0	5	8	9	8	5

Отметим в координатной плоскости точки, координаты которых указаны в таблице. Соединим их плавной (форму) линией (рис.). Получим график функции, заданной формулой  $y=x(6-x)$  где  $-1 \leq x \leq 5$ . Чем больше отметим точек, тем точнее будет построен график функции.

С помощью графика функции по значению аргумента можно найти соответствующее значение функции. Можно также решить обратную (функцию) задачу: по указанному значению функции найти те значения аргумента, которым оно соответствует.



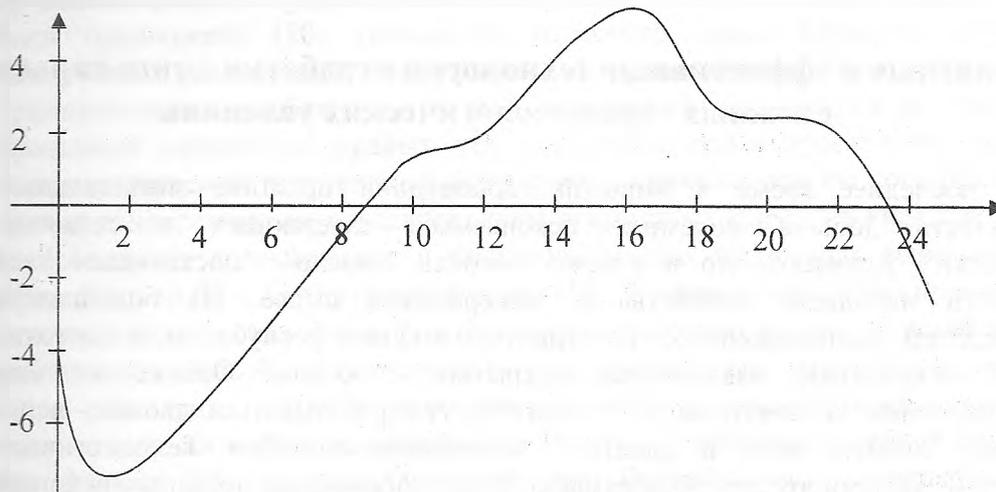
Пример 2. По графику функции, изображенному на рисунке найдем а) значение функции при  $x=3$ , б) значение  $x$ , при которых значение функции равно 7.

а) Через точку оси  $x$  с абсциссой 3 проведем перпендикуляр к оси  $x$ . Точка пересечения этого перпендикуляра с графиком функции имеет координаты (3 № 5). Значит, при  $x=3$  значение функции равно 5.

б) Проведем через точку оси  $y$  с ординатой 7 прямую, параллельную оси  $x$ . Эта прямая пересекает график в двух точках: с координатами (5, 7) и (9, 7). Значит, функция принимает значения, равное 7, при  $x=5$  и при  $x=9$ .

График дает наглядное представление о зависимости между величинами. Так, по графику температуры воздуха можно узнать, когда температура равнялась нулю, была выше нуля, ниже нуля, возрастала, убывала и т.д. Например, с помощью графика,

изображенного на рисунке можно определить, что температура была равна 0 °с в 9 часов и в 22 ч, была положительна с 9 ч до 22 ч, возросла с 3 ч до 15 с.



На практике часто используются приборы для автоматической регистрации хода того или иного процесса. Эти приборы вычеркивают графику соответствующих функциональных зависимостей.

При изучении новых понятий в школьном курсе математики требуется большое умение понимать, при решении каждого примера необходимы соответствующие знания, развития критического мышления, мыслительной деятельности.

Изучение формул сокращенного умножения в 7 классе.

Квадрат суммы и квадрат разности. При умножении многочлена на многочлен каждый член одного многочлена умножают на каждый член другого. Однако в некоторых случаях умножение многочленов можно выполнить короче, воспользовавшись формулами сокращенного умножения.

Возведем в квадрат сумму  $a+b$ . Для этого представим выражение  $(a+b)^2$  в виде произведения  $(a+b)(a+b)$  и выполним умножение:  
 $(a+b)^2 = (a+b)(a+b) = a^2 + av + av + b^2 = a^2 + 2av + b^2$  значит,  $(a+b)^2 = a^2 + 2av + b^2$  (1)

Тождество (1) называется формулой квадрата суммы. Эта формула позволяет проще выполнять возведение в квадрат сумму любых двух выражений:

квадрат суммы двух выражений равен квадрату первого выражения, плюс удвоенное произведение первого на второго плюс квадрат второго выражения.

Возведем теперь в квадрат разность  $a-b$ , получим:

$$(a-b)^2 = (a-b)(a-b) = a^2 - av - av + b^2 = a^2 - 2av + b^2$$

\* \* \* \*

## Безопасные и эффективные технологии обработки днищ карьеров в сложных горно-геологических условиях

В последнее время в мировой горнорудной практике значительно возросла интенсивность добычи полезных ископаемых, залегающих в сложных горно-геологических условиях, что в первую очередь связано с постоянным увеличением потребности народного хозяйства в минеральном сырье. На большинстве таких месторождений, расположенных на территории нашей республики, в настоящее время полезные ископаемые извлекаются открытым способом. Однако в связи с их распространением на значительную глубину будут обрабатываться двояко – верхняя часть открытым, нижняя часть и фланги – подземным способом. Технологическая связь открытого и подземного способов разработки месторождений полезных ископаемых дает возможность ликвидировать воронку обрушения при ведении подземных работ, использовать близость поверхности (за счет открытой разработки) для транспортирования вскрыши, осуществить местного проветривания подземных блоков и устройства запасных выходов, совместить работу технологического оборудования подземных и открытых работ в одном блоке (буровзрывные работы из карьера, выпуск руды через подземные выработки), упростить подачу закладочного материала в шахту и т.п.

Традиционная разработка мощных крутопадающих рудных месторождений, залегающих на незначительной глубине или выходящих на поверхность, предусматривает последовательную или одновременную добычу полезных ископаемых открытым и подземными способами, разделенными в вертикальной плоскости барьерным целиком (днищем карьера). При этом вся вскрыша из открытых горных работ, как правило, складывается во внешние отвалы, для размещения которых из сельскохозяйственного производства изымаются значительные площади земельных угодий. Подвергаясь эрозии, породы вскрыши загрязняют окружающую природную среду в ареале, превышающем во много раз площадь горного отвала, что наносит народному хозяйству значительный ущерб и приводит к серьезным экологическим последствиям. Обычно с целью уменьшения наносимого ущерба внешние отвалы располагают на наименее плодородных почвах и, как правило, на больших расстояниях от карьера, что в свою очередь приводит к значительному росту материальных, трудовых и энергетических затрат. С увеличением глубины разработки открытым способом резко возрастают объемы вскрыши, дальность ее транспортирования к внешним отвалам и, следовательно, растут эксплуатационные расходы.

Последнее время наметилась тенденция к изысканию таких принципиально новых технологических схем ведения горных работ с внутрикарьерным размещением пород вскрыши, при которых бы достигалось полное совмещение в пределах одного выемочного поля открытых и подземных работ при одновременном обеспечении полной доработки подкарьерных, прибортовых и временно оставленных запасов руд, подлежащих повторной разработке.

При этом обоснована техническая возможность и экономическая целесообразность применения комплексного способа с открыто-подземным ярусом для доработки глубоких горизонтов карьера, без разноса его бортов, с размещением текущих объемов вскрыши во внутренний отвал (1). Это резко снижает затраты на добычу руды и уровень нарушения окружающей природной среды. Кроме того, породы внутреннего отвала вскрышных

пород, размещаемые в выработанном пространстве позволяют повысить устойчивость открыто-подземного яруса.

На основе анализа существующих способов комбинированной разработки (1-9) нами была предложена (10) технология отработки днищ карьеров, включающая применение гибкого разделяющего перекрытия с внутрикарьерным отвалообразованием.

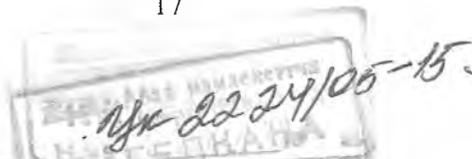
Принципиальная особенность данной технологии заключается в том, что при комбинированной разработке рудных тел горизонты ниже проектного дна карьера отрабатываются системой подэтажного обрушения с применением гибкого разделяющего перекрытия и одновременным складированием вскрышных пород из внешних отвалов и пород от проведения вскрывающих и подготовительных подземных выработок внутри карьера (рис №1), то есть во внутренний отвал (10). В период подготовки нижележащих горизонтов проходят доставочную 7 и буровую выработки, из доставочной выработки проходят отрезную щель 8 до дна карьера с применением системы с магазинированием руды. Для разделения отбитой руды при выпуске и складированных пустых пород внутреннего отвала, на породы висячего бока магазина навешивают гибкое разделяющее перекрытие 3 в виде 2-3 слоев металлической сетки. Верхнюю часть перекрытия свободно располагают на днище карьера 1 и засыпают пустыми породами 2 высотой 15-20 метров, для того чтобы, во-первых, заполнялось образующееся при подземной добыче выработанное пространство, во-вторых, сохранялось устойчивое состояние бортов карьера. Бурение и взрывание скважин 5 осуществляется из буровой выработки. Горизонтальная часть гибкого перекрытия для нижележащего подэтажа монтируется по мере отбойки и выпуска отбитой руды на почве сплошной или конической формы подсечки 9 доставочного горизонта отрабатываемого подэтажа. Боковое перекрытие возводится аналогично верхнему (верхнему) подэтажу. В процессе отработки рудного тела производится подсыпка пустых пород в карьер, что обеспечивает устойчивость бортов карьера с одновременной закладкой выработанного пространства пустыми породами. Применение же гибкого разделяющего перекрытия при системе подэтажного обрушения в процессе отработки рудного тела под дном карьера определяют высокие показатели извлечения полезного ископаемого из недр (потери и разубоживание составляют не более 5-10%).

Этот способ может использоваться для разработки как вновь осваиваемых, так эксплуатируемых месторождений. Экономический эффект от применения данного способа может быть получен за счет сокращения расходов на отвалообразование и рекультивацию земель, уменьшения потерь плодородных земель, сокращения расходов на борьбу с нарушениями устойчивости откосов бортов карьера, а также повышения показателей использования запасов недр. Дополнительные капитальные затраты на проходку шахт и транспортных выработок для выдачи руды на поверхность будут невелики, учитывая, что они могут служить и в качестве дренажных выработок.

Социальный эффект заключается в снижении загрязнения окружающей среды благодаря сокращению пылеобразующей поверхности внешних отвалов и открытой горной выработки.

Предлагаемый способ может эффективно применяться, в первую очередь, на действующих глубоких карьерах при развитии горных работ в глубину, когда значительно дорожает транспортирование руды с глубоких горизонтов карьеров и резко увеличиваются объемы вскрыши в результате разноса бортов, а также в случае необходимости сохранения устойчивости бортов карьеров, в связи с нахождением на них различных производственных зданий и сооружений, шахтных стволов и штолен.

В настоящее время известно более 80 месторождений отрабатываемых комбинированным способом. По степени совмещения работ во времени их можно разделить на две группы – с одновременной и последовательной отработкой. Первая



группа месторождений делится на две подгруппы по степени совмещения работ в пространстве в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Из месторождений, разрабатываемых с совмещением открытых и подземных горных работ в вертикальной плоскости, большинство сложено ценными рудами цветных металлов, а рудные залежи, как правило, имеют ограниченные параметры по простиранию. Основная цель совмещения работ во времени и в пространстве – увеличить производственную мощность предприятия до максимально возможной.

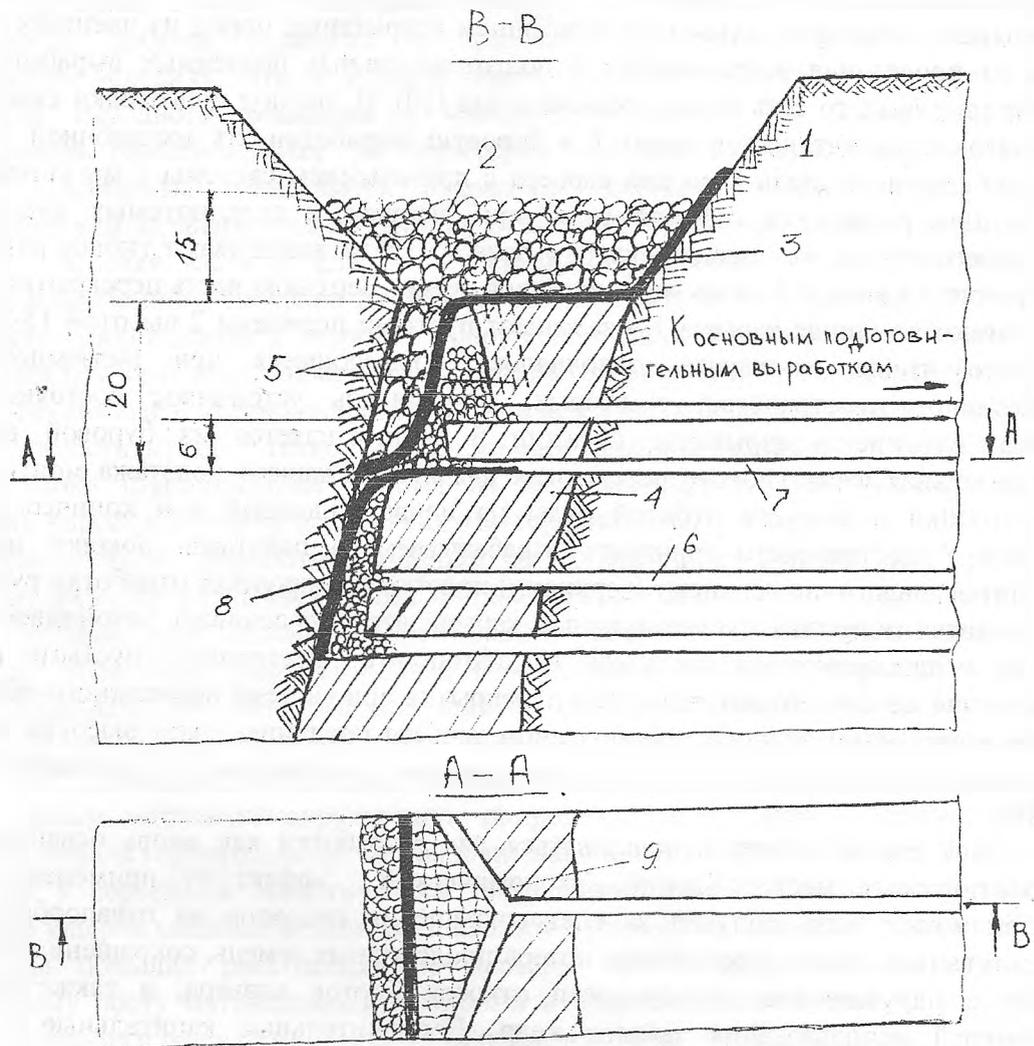


Рис. №1. Схема отработки крутопадающих рудных тел при переходе от открытых к подземным горным работам. 1-контур карьера; 2-внутрикарьерный отвал; 3-гибкое перекрытие; 4-рудное тело; 5-скважины; 6-буровая выработка; 7-доставочная выработка; 8-замагазинированная руда (отрезная щель); 9-подсечка конической формы.

Поддержание бортов карьера в устойчивом состоянии требует выполнение определенного соответствия между геометрическими параметрами карьера, с одной стороны, и горно-геологическими условиями, физико-механическими характеристиками горных пород и гидрогеологическими особенностями месторождения – с другой. Подземные работы, ведущиеся в бортах и под дном карьера, вызывают перераспределение и увеличение в общем случае напряжений в породах и приводят к снижению устойчивости бортов.

Наличие действующего карьера, в свою очередь, накладывает отпечаток на выполнение горных работ в подземном руднике. При совмещении с открытыми работами подземные горные работы непременно должны вестись с учетом обеспечения безопасного и безаварийного хода работ в карьере. В одних случаях это ограничивает или совсем делает невозможным применение наиболее производительных систем разработки с обрушением налегающей толщи пород. Чаще всего очистные работы в подземном руднике ведут с оставлением значительных запасов руды в охранных и опорных целиках, которые могут быть и временными и безвозвратно теряемыми.

Сохранение бортов и дна карьера может достигаться также закладкой подземных камер. Но это мероприятие, также как и перечисленные выше, в определенной степени приводит к удорожанию добычи руды подземным способом и снижает производственные и технико-экономические показатели подземного рудника.

В связи с этим в целях повышения указанных показателей при отработке запасов, залегающих под дном карьера, нами была предложена принципиально новая технология отработки днищ карьеров (рис. №2).

Сущность данной технологии заключается в том, что если при одновременной разработке горизонты ниже днища карьера отрабатываются системами с закладкой, то выемка только запасов днища осуществляется системой поэтажного обрушения с порцевым выпуском руды с применением гибкого разделяющего перекрытия для разделения пустой породы и отбитой руды и складированием пустых пород во внутрикарьерный отвал. Это позволит при существенном повышении основных технико-экономических показателей при отработке днища карьера сократить потери и разубоживание руды до 5-7%, что соизмеримо с показателями извлечения при системах с закладкой.

Таким образом, разработанная технология отработки днищ карьеров при одновременном порядке отработки крутопадающих рудных тел, позволяет повысить не только технико-экономические показатели извлечения, снизить себестоимость добычи, но и сохранить устойчивость бортов карьеров без снижения углов их откоса за счет складирования пустой породы во внутрикарьерный отвал. При этом уменьшается вредное воздействие горного предприятия на окружающую среду за счет освобождения поверхностных площадей от отвалов пустых пород карьера.

Необходимость комплексного подхода к освоению всех запасов того или иного месторождения возникает и в связи с тем, что вопрос о времени перехода от открытого способа разработки к подземному необходимо увязывать не с периодом достижения карьером предельной глубины его разработки, а с периодом снижения мощностей открытых горных работ. К этому времени уже необходимо осуществить ввод стабилизирующей мощности за счет подземных горных работ. В этом плане рациональным следует считать первоочередный ввод открыто-подземного яруса, который позволит не только стабилизировать производственную мощность предприятия, но и повысить экономическую эффективность доработки глубоких горизонтов карьера.

Как показывает опыт, переход с открытого на подземный способ добычи связан с резким изменением качества полезных ископаемых (уменьшением содержания полезных компонентов), ростом себестоимости, что приводит к удорожанию всех горных работ, связанных с добычей полезного ископаемого на последнем этапе.

Известно, что главным преимуществом открытого способа разработки является возможность применения наиболее мощных, высокопроизводительных машин и сокращения потерь руды в целиках, поддерживающих выработку. Основное достоинство подземного способа заключается в сохранении плодородных земель, бесперебойности транспортирования руды по подземным выработкам при неблагоприятных климатических условиях.

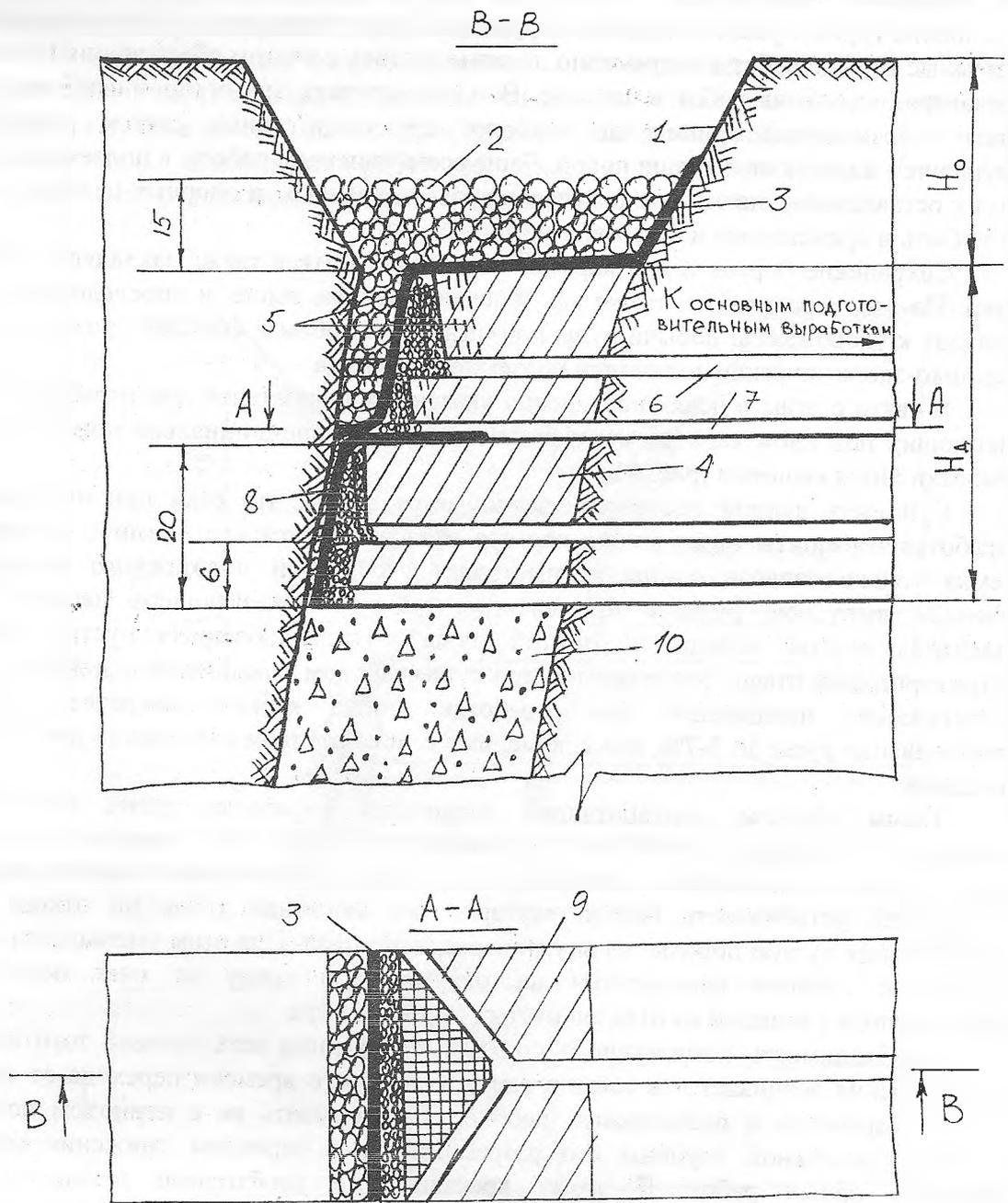


Рис. №2. Схема выемки дна карьеров при одновременном порядке отработки крутопадающих рудных тел. 1 – контур карьера; 2 – внутрикарьерный отвал; 3 – гибкое перекрытие; 4 – рудное тело; 5 – скважины; 6 – буровая выработка; 7 – доставочная выработка; 8 – замагазинированная руда (отрезная щель); 9 – подсечка конической формы; 10 – закладка.

Комбинированный способ разработки рудных тел позволяет совместить преимущества открытых и подземных горных работ и исключить или свести к минимуму их недостатки. В этом плане заслуживает внимания предложенная выше технология доработки запасов карьера (дно карьера).

Однако применение комбинированной технологии при переходе от открытых работ к подземным горным работам не обеспечит необходимой производительности рудника. Поэтому в целях предотвращения резкого спада производительности рудника на переходном этапе, снижения потерь и разубоживания, повышения эффективности горно-

металлургического производства нами предложена технология отработки днищ карьеров с открыто-подземным ярусом. Сущность данной технологии заключается в следующем: месторождение обрабатывается открытым способом до глубины  $H_0$ ; до глубины  $H_{0-n}$  - открыто-подземным ярусом, по описанной выше технологии без разноса бортов карьера с применением подземной системы разработки подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды и гибким разделяющим перекрытием. Ниже открыто-подземного яруса ведутся подземные горные работы  $H_n$  согласно проекту на подземные горные работы (Рис №3).

Данная технология позволяет обеспечить устойчивость бортов карьера за счет консолидации пустых пород в его контур, сократить объем внешнего отвала, уменьшить или исключить потери площадей земельных угодий под внешний отвал, предотвратить резкий спад производительности рудника на переходном этапе, снизить потери и растрескивание руды. Более того, она является наиболее безопасной, т.к. ниже дна карьера подземные работы не производятся.

Таким образом, предложенные нами технологии отработки месторождений наиболее полно отвечают требованиям комплексного освоения недр, поскольку, во-первых, сокращают до минимума нарушение окружающей природной среды, во-вторых, повышают извлечение полезных ископаемых из недр и, в-третьих, резко снижают материальные и трудовые затраты на добычу и, в-четвертых, повышают безопасность горных работ.

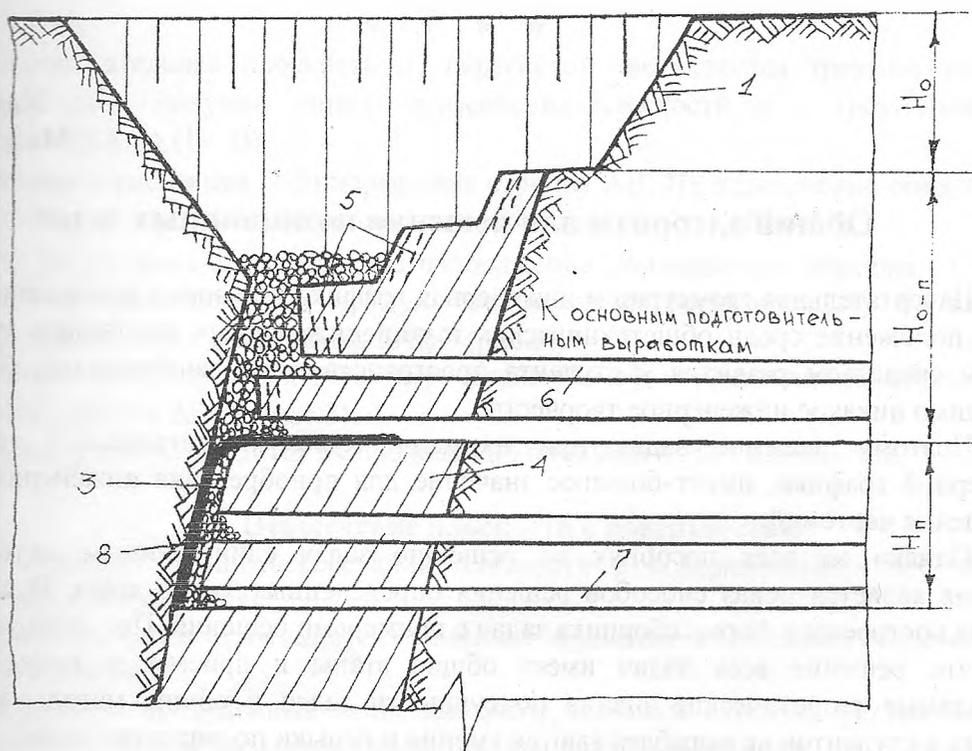


Рис.№3. Схема выемки днищ карьеров при последовательном открыто-подземном способе разработки крутопадающих рудных тел. 1-контур карьера; 2-внутрикарьерный отвал; 3-гибкое перекрытие; 4-рудное тело; 5-скважины; 6-буровая выработка; 7-доставочная выработка; 8-замагазинированная руда (отрезная щель);  $H_0$ - высота открытого яруса;  $H_{0-n}$ - высота открыто-подземного яруса;  $H_n$ -высота подземного яруса.

## Литература

1. Агошков М.И., Терентьев В.И., Казикаев Д.М. и др. Комплексный открыто-подземный способ разработки мощных крутопадающих рудных месторождений. В сб. «Основные направления развития открыто-подземного способа разработки месторождений». М.: ИПКОН АН СССР, 1987.
2. Мануйлов П.И., Демин А.М. Способ комбинированной разработки мощных рудных тел. Авт.свид. №1150368, Бюллетень «Открытия и изобретения», 1985, №14.
3. Черный Г.И. Устойчивость подрабатываемых бортов карьеров. М.: Недра, 1980.
4. Шашурин С.А. Повторная разработка месторождений руд цветных и редких металлов. М., «Госгортехиздат», 1962.
5. Шнайдер М.Ф., Вороненко В.К. Совмещение подземных и открытых разработок рудных месторождений. М., Недра, 1985.
6. Щелканов В.А. Комбинированная разработка рудных месторождений. М., Недра, 1974.
7. Щелканов В.А., Абашин П.А., Фенцик И.Ж. и др. Способ комбинированной разработки параллельных крутопадающих полезных ископаемых. Авт.свид. 1149005, Бюллетень «Открытия и изобретения», 1985, №13.
8. Щелканов В.А., Абашин П.А., Варакута В.В. и др. Способ комбинированной разработки сближенных крутопадающих пластов. Авт.свид. №1060794, Бюллетень «Открытия и изобретения», 1985, №46.
9. Юматов Б.П. Технология открытых горных работ при комбинированной разработке рудных месторождений. М.: «Недра», 1966.
10. Кожоголов К.Ч., Усенов К.Ж., Алибаев А.П. Геомеханические основы и технология при комбинированной разработке крутопадающих месторождений. Бишкек, КГ-МИ, 1999.

\* \* \* \*

**Каримов А.К.,  
Молдокеев М.Т.**

### Общий алгоритм для решения позиционных задач

Начертательная геометрия и инженерная графика по своему содержанию занимает особое положение среди общетехнических и общеинженерных дисциплин, она является лучшим средством развития у студента пространственного воображения, без которого немислимо никакое инженерное творчество.

Поэтому решение задач при изучении курса начертательной геометрии и инженерной графики, имеет большое значение для приобретения инженерных навыков, составления чертежей.

Однако во всех пособиях по решению задач единственным методом такого обучения является показ способов решения определенных типов задач. В связи с этим пособия построены в форме сборника задач с примерами решений. При этом упускается из вида, что решение всех задач имеет общие этапы и приемы, а также не даются необходимые теоретические знания по сущности задач и общие методы их решения. Поэтому у студентов не вырабатываются умения и навыки по решению задач.

Цель настоящей работы - восполнить эти недостатки и дать рекомендации студентам, для планомерного формулирования нужных умений и навыков, по овладению общей методикой решения задач по начертательной геометрии и инженерной графике.

На следующем примере рассмотрим общую методику решения позиционных задач на пересечение.

Позиционными называются задачи, в результате решения которых можно получить ответ о взаимной принадлежности заданных геометрических фигур.

**Общий алгоритм:**

1. Вводим вспомогательную секущую плоскость перпендикулярно  $\Pi_1$ ; или  $\Pi_2$  через заданную прямую.
2. Вспомогательная секущая плоскость пересекает поверхность (плоскость), в результате получим линию пересечения.
3. Линия пересечения пересекает заданную прямую, в результате получаем точку пересечения прямой с поверхностью (плоскостью).

Поэтому ниже предлагается общая методика алгоритма решения задач на пересечение.

Построить точку пересечения прямой с плоскостью, это означает найти общую точку - одновременно принадлежащей прямой и плоскости.

**Пример.** Рассмотрим построение линии пересечения двух заданных плоскостей в виде  $\triangle ABC$  и  $\triangle DEK$ .

Построение линии пересечения двух плоскостей, означает найти точки пересечения двух прямых с двумя плоскостями, т.е. здесь приходится дважды решать задачу «Пересечение прямой с плоскостью».

**1. Пересечение прямой с плоскостью**

Представим сторону  $AB$  треугольника как прямую линию, далее решаем задачу по пересечению прямой (сторона  $AB$ ) с плоскостью  $\triangle DEK$  (рис.1а)

Алгоритм решения:

- 1) Через прямую  $A_1B_1$  вводим вспомогательную плоскость, перпендикулярно  $\Pi_1$ , т.е.  $\alpha \perp \Pi_1$ .
- 2) Вспомогательная плоскость  $\alpha$ , пересекает две стороны треугольника  $DEK$ . В результате получим линию пересечения плоскости  $\alpha$  с треугольником  $DEK$  ( $\alpha \cap DEK \Rightarrow (1-2)$ )
- 3) Линия пересечения (1-2) пересекает сторону  $AB$ . Их пересечение определяет точку  $M$  - точку пересечения прямой с плоскостью. ( $(1-2) \cap AB \Rightarrow M$ )

На рис.1б показано наглядное изображение комплексного чертежа. Сторону  $DK$  треугольника представим как прямую линию, далее решаем задачу по пересечению прямой (сторона  $DK$ ) с плоскостью  $\triangle ABC$  (рис.2).

Соединив между собой точки пересечения  $M$  и  $N$  получим линию пересечения двух плоскостей  $\triangle ABC$  и  $\triangle DEK$  (рис.3).

Дальше задача сводится к определению видимости двух плоскостей.

**2. Пересечение плоскости с поверхностью**

Построение линии пересечения плоскости с поверхностью - это определение плоской фигуры - сечения.

**Пример.** Рассмотрим построение линии пересечения плоскости общего положения с пирамидой  $SABC$ .

Используя приведенный выше алгоритм, находим плоскую фигуру-сечение. Для этого ребра  $SA$ ,  $SB$  и  $SC$  мысленно представляем как прямые линии, т.е. решение сводится к задаче «Пересечение прямой с плоскостью».

Для решения, данную задачу делим на три этапа:

1. Ребро  $SB$  мысленно заменяем прямой и решаем задачу «Пересечение прямой с плоскостью» (рис 4а).

Алгоритм решения

- 1)  $\beta \perp \Pi$ , через  $SB$
- 2)  $\beta \cap \alpha \Rightarrow (1-2)$
- 3)  $(1-2) \cap SB \Rightarrow E$

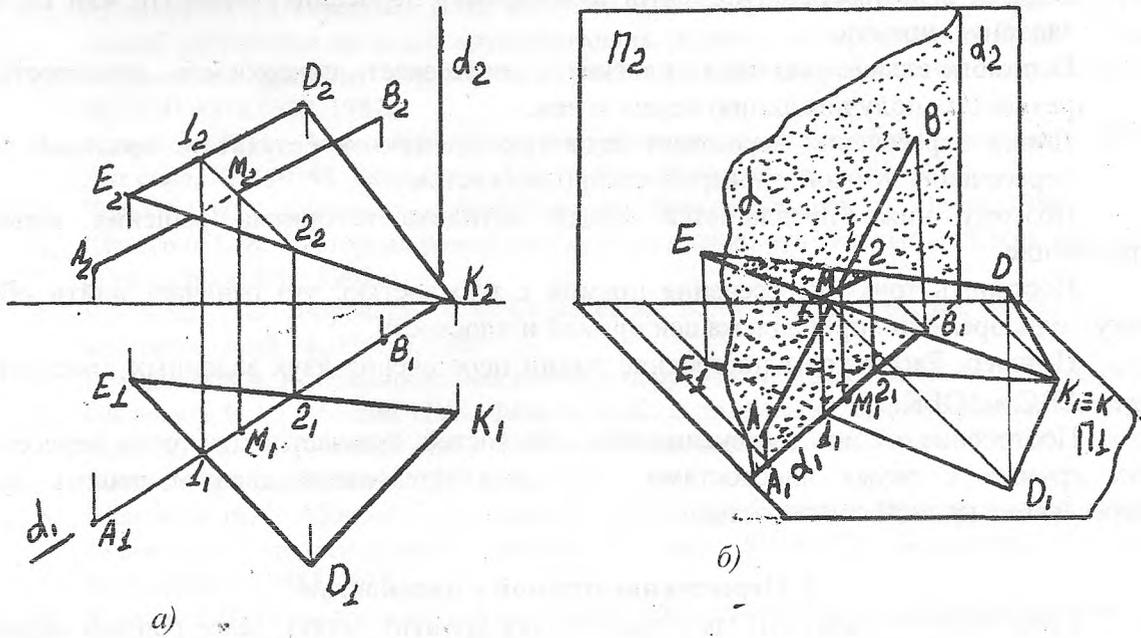
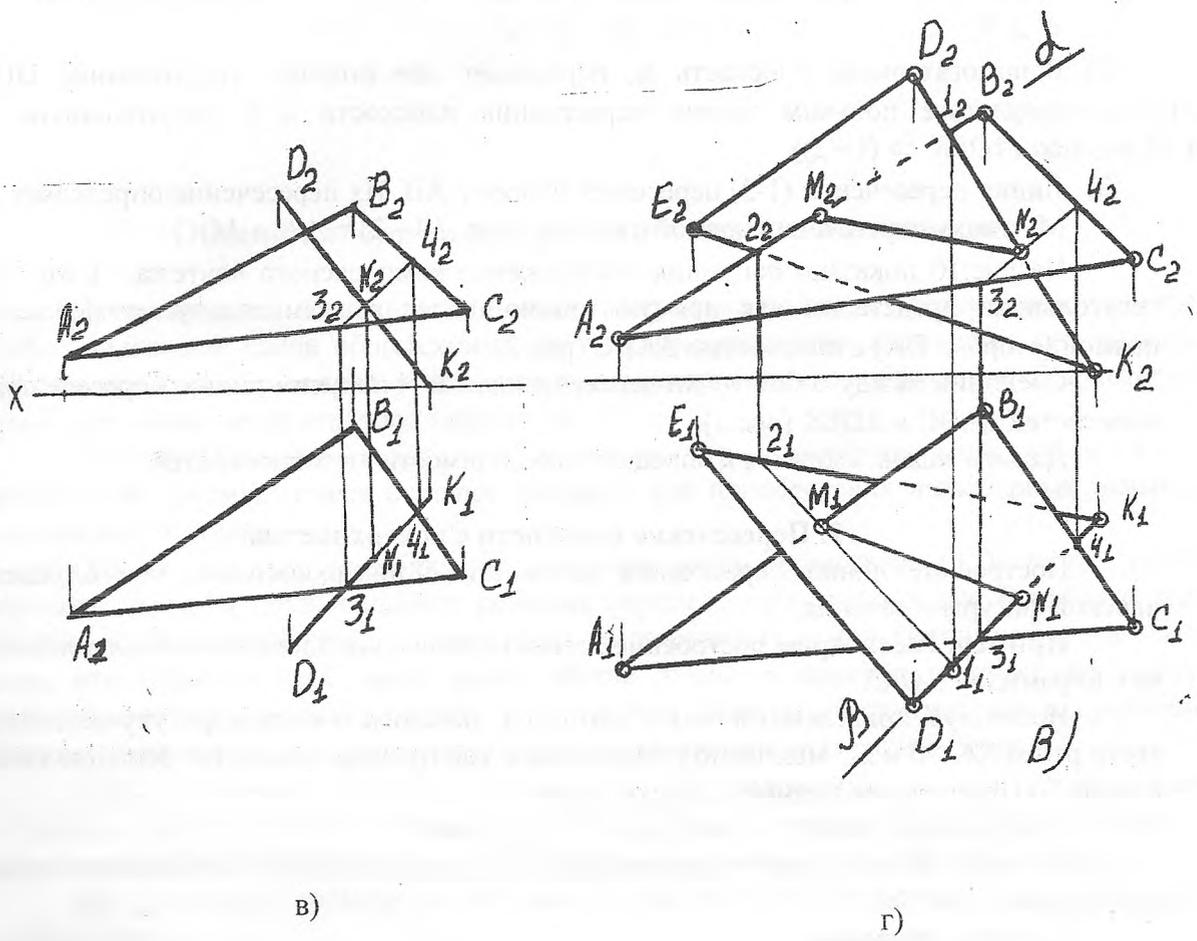


Рис. 1.



На рис.4б показано наглядное изображение пересечения ребра  $SB$  с плоскостью  $\alpha$ .

2. Ребро  $SA$  мысленно заменяем прямой и решаем задачу «Пересечение прямой с плоскостью» (рис 5а).

Алгоритм решения

1)  $\gamma \perp P_2$  через  $SA$ .

2)  $\gamma \cap \alpha \Rightarrow (3-4)$

3)  $(3-4) \cap SA \Rightarrow D$

3. Ребро  $SC$  мысленно заменяем прямой и также решаем задачу «Пересечение прямой с плоскостью» (рис.5б).

Алгоритм решения

1)  $Q \perp P_2$  через  $SA$ .

2)  $Q \cap \alpha \Rightarrow (5-6)$

3)  $(5-6) \cap SC \Rightarrow F$

На рис.6 показано пересечение плоскости общего положения  $\alpha$  с пирамидой  $SABC$ . Для этого вводим вспомогательные секущие плоскости  $\beta, \gamma$  и  $Q$  через ребра  $SB, SA$  и  $SC$ . В результате получаем точки  $E, D$  и  $F$ , т.е. точки пересечения данных ребер с плоскостью  $\alpha$ .

Соединив между собой точки  $E, D$  и  $F$  получим линии пересечения плоскости  $\alpha$  с пирамидой  $SABC$  образующие плоскую фигуру.

### 3. Пересечение поверхностей многогранников.

Построить линию пересечения поверхностей многогранников - это значит найти замкнутую ломаную пространственную линию (одну или две) одновременно принадлежащей обеим поверхностям.

На рис.7а приведена линия пересечения - пирамиды с призмой. Используем известный алгоритм. Искомую линию определяем с помощью точек пересечения ребер одного многогранника с гранями второго.

Для решения, данную задачу делим на три этапа:

1. Ребро  $D_1D_1'$  мысленно представив как прямую линию, решаем задачу «Пересечение прямой с пирамидой» (рис.7б)

#### Алгоритм решения

1)  $\alpha \perp P_2$  через  $D_1D_1'$

2)  $\alpha \cap SABC \Rightarrow (1-2-3)$

3)  $(1-2-3) \cap D_2D_2' \Rightarrow K$  и  $N$

2. Ребро  $SB$  принимаем за прямую линию и решаем задачу как пересечение прямой с призмой (рис.7в)

Алгоритм решения

1)  $\beta \perp P_1$  через  $S_1B_1$ .

2)  $\beta \cap DEF \Rightarrow (4-5-6)$

3)  $(4-5-6) \cap SB \Rightarrow M$  и  $L$

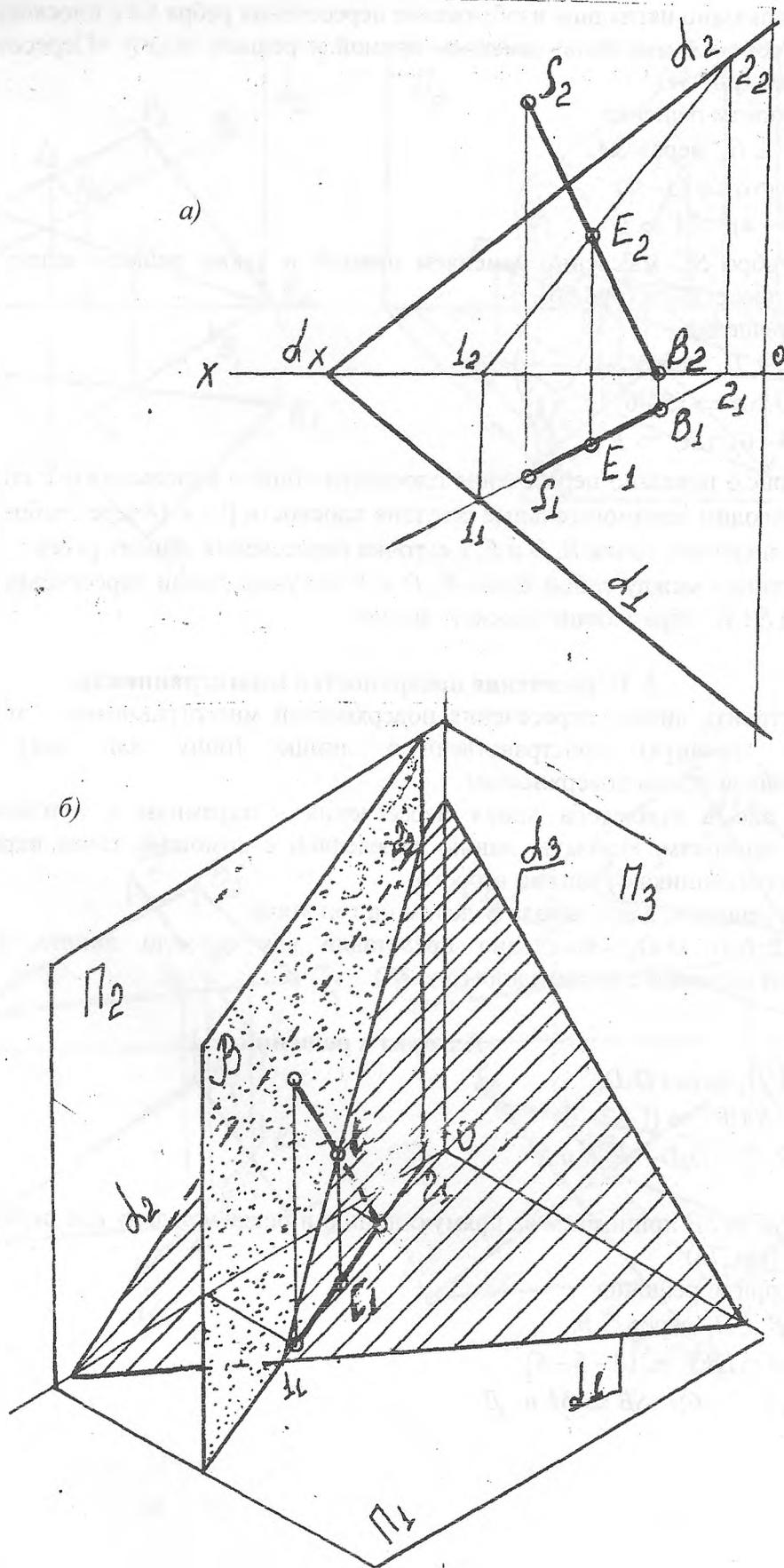


Рис. 4.

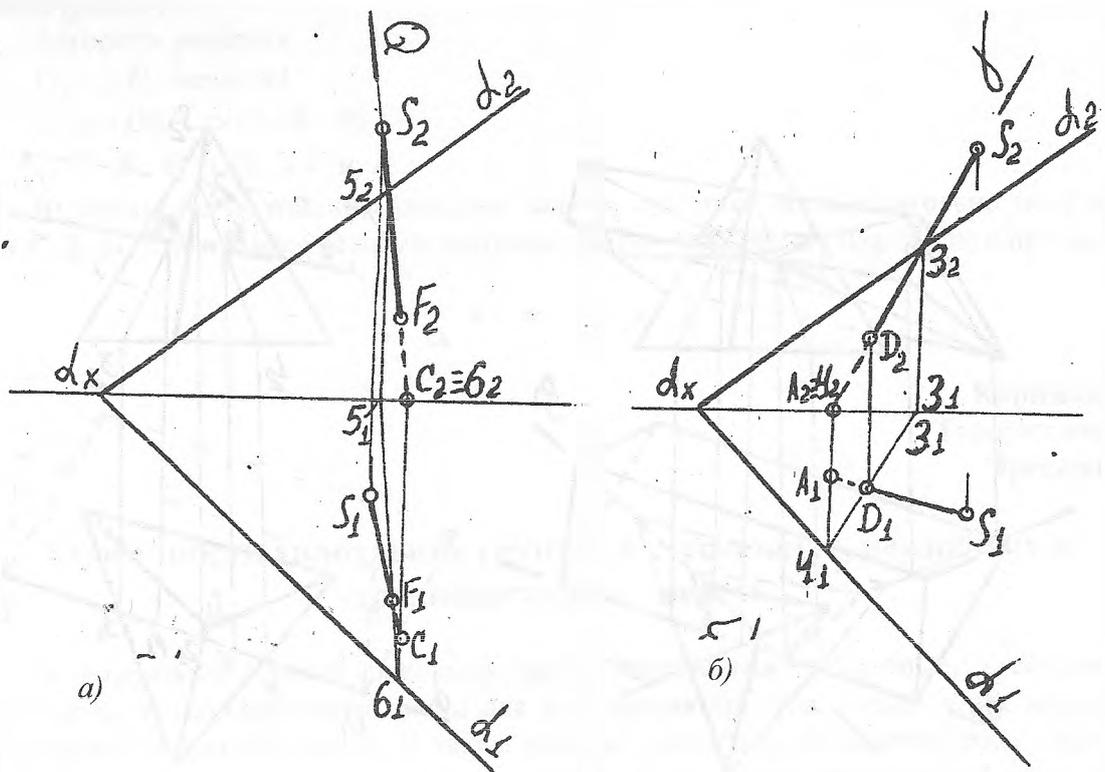


Рис. 5.

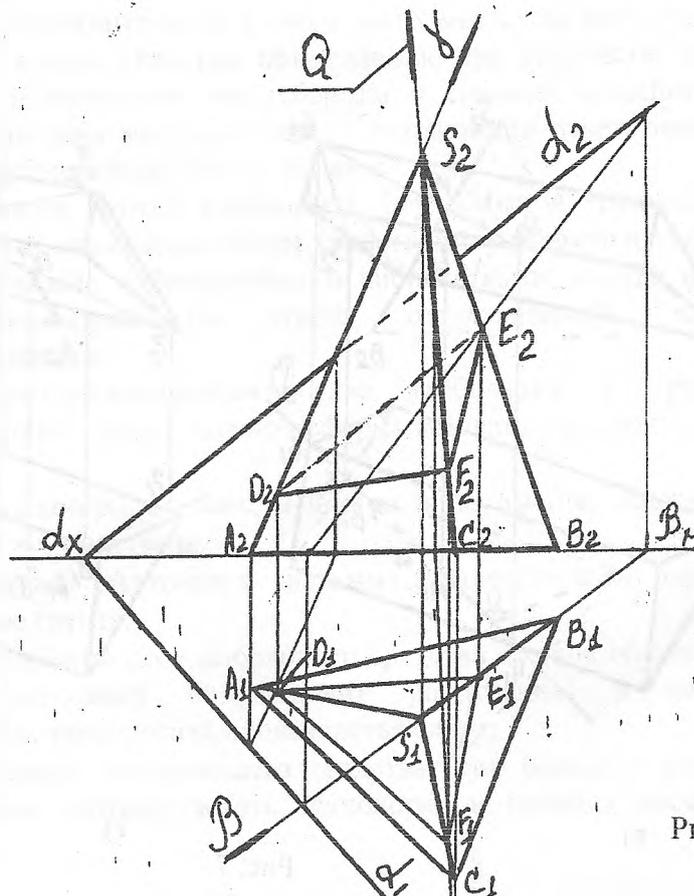
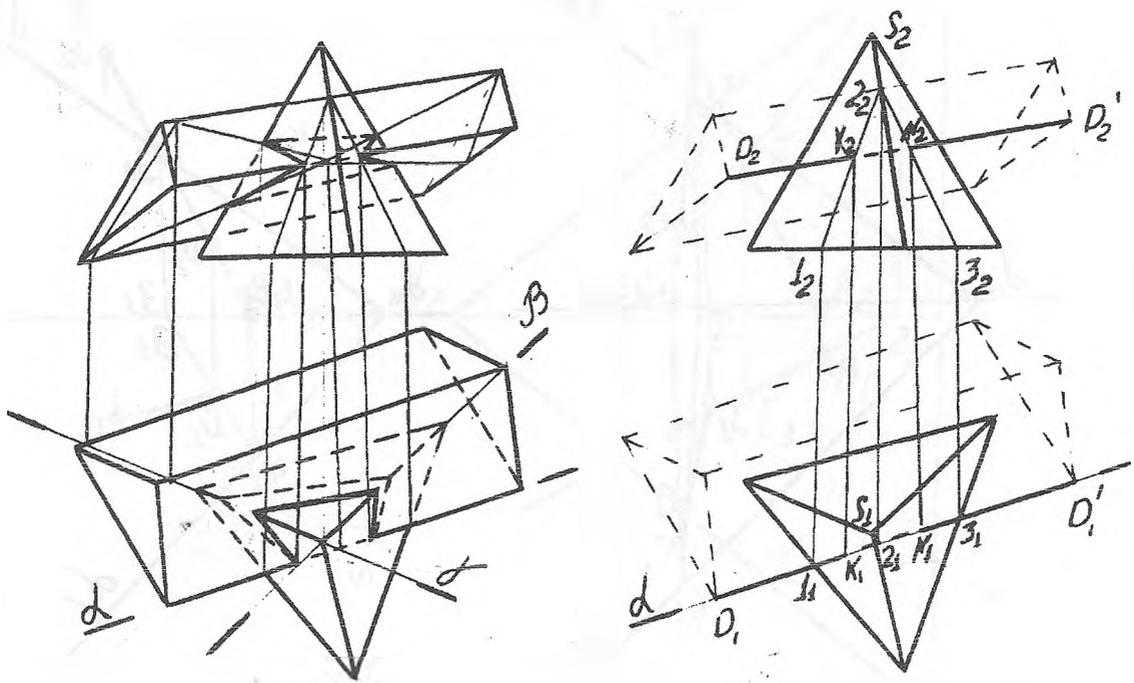
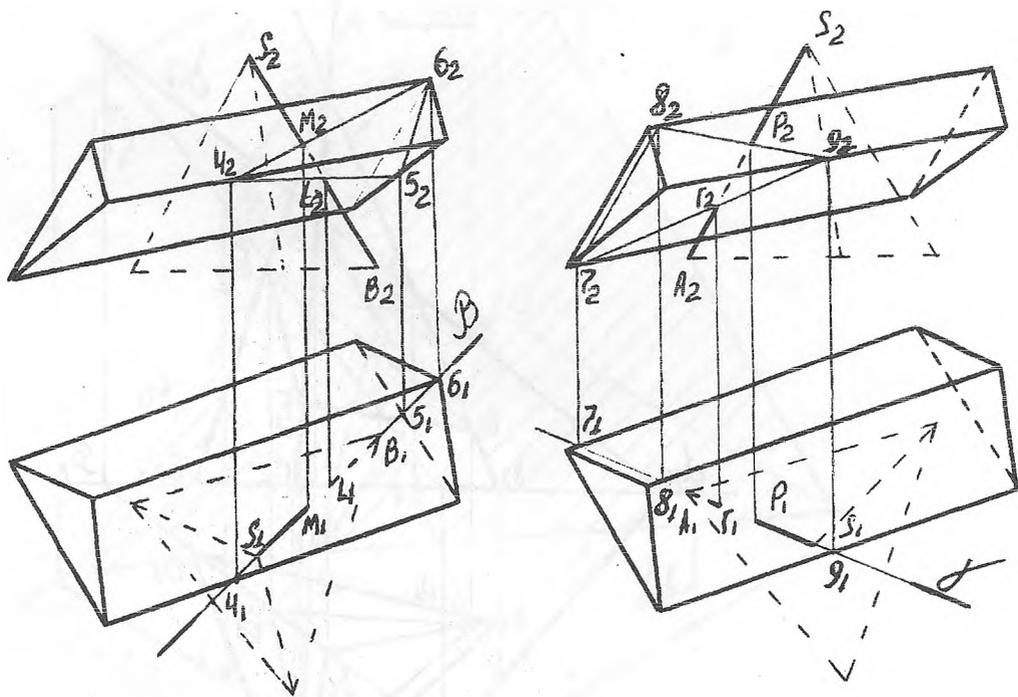


Рис. 6.



а).

б)



в)

г)

Рис. 7.

3. Ребро  $SA$  мысленно принимаем за прямую и решаем задачу пересечения прямой с призмой (рис. 7г)

Алгоритм решения

1)  $\gamma \perp P_1$  через  $SA$

2)  $\gamma \cap DEF \Rightarrow (7-8-9)$

3)  $(7-8-9) \cap SB \Rightarrow \Gamma$  и  $P$

В результате поэтапного решения задачи, соединяя последовательно полученные точки  $K, N, M, L, \Gamma$  и  $P$  между собой, получим линию пересечения пирамиды с призмой.

\* \* \* \*

Каримов А.А.,  
Турдукулов К.Р.,  
Эргешов Б.Т.

### Особенности уплотнения грунтов в стесненных, неудобных и труднодоступных местах

В дорожной отрасли довольно часто встречаются неудобные, стесненные и относительно труднодоступные места для уплотнения грунтов, щебеночных материалов и асфальтобетонных смесей. К таким местам относятся различного рода подземные прокладки труб, коллекторов и кабелей в городских траншеях, водопускаемых труб и газопроводов на загородных дорогах, места сопряжения мостов и путепроводов с дорожной конструкцией, пазухи и колодцев, опор и столбцов, откосы насыпей и конусов под мостами и путепроводами.

На выполнение уплотнительных работ в таких местах не могут быть использованы крупные грунтоуплотняющие средства, применяемые при устройстве обычных насыпей, выемок, площадок или оснований, их габариты и силовые воздействия зачастую не соответствуют размерам этих мест и условиям сохранности ответственных элементов и конструкций в них (трубы, кабели, плиты, балки и т. п.).

В настоящее время грунты стесненных, неудобных и труднодоступных мест уплотняют, как правило, малогабаритными средствами ударного и виброударного типа ручными вибротрамбовками, виброплитами и виброкатками, иногда используют также гидромолоты, навешиваемые на стрелу одноковшового экскаватора или специализированной машины.

Общие функционально-технологические требования к грунтоуплотняющим средствам для подобных мест можно сформулировать в следующих нескольких положениях:

- их габаритные размеры в плане, а иногда и по высоте, должны вписываться в размеры мест производства работ;
- метод и средства уплотнения должны соответствовать типу и состоянию использованного грунта;
- толщина уплотняемого слоя выбранного средства должна обеспечивать требуемое качество (нормативный коэффициент уплотнения) в отсыпаемом слое, предусмотренном технологией производства работ;
- производительность уплотняющего средства (она разная у различных типов и моделей) должна соответствовать технологии и графику проекта производства работ (ППР).

Плотность грунтов в стесненных, неудобных и труднодоступных местах, находящихся в пределах проезжей части дорог и улиц, должна быть не меньше требуемых по СНиП для основной части насыпей выемок коэффициент уплотнения не меньше 0,95 в нижней и 0,98 в верхней части земляного полотна. Недоуплотнение влечет за собой все существенные после построечные осадки грунта с деформированием, опорой и разрушением не только дорогостоящих дорожных покрытий, но и ответственных инженерных сетей, элементов и конструкций.

Раньше, когда надлежащих эффективных методов и средств уплотнения у подобных местах во все не было или было мало, в некоторых случаях (узкие и глубокие траншеи, пазухи и труб, стенок и опор, откосы насыпей, одноразмерные пески и другие), когда возможность реализации указанных норм уплотнения была затруднена, а порядке исключения допускалась некоторое понижение требуемых показателей плотности-до 0,92-0,95.

В тех случаях, когда грунт в ряде стесненных, неудобных, труднодоступных мест не выполняет роль важного несущего или прочного элемента (траншеи и пазухи у труб, опор и колодцев в пределах тротуаров, велосипедных дорожек, газонов и разделительных полос), его можно уплотнят в нижней части насыпки до 0,93-0,95 под покрытиями тротуаров, дворов, парковок и дорожек и до 0,90-0,92 (разделительные полосы, газоны).

Самыми малоразмерными, с точки зрения стесненности неудобств ведения работ по уплотнению грунта, являются траншейные прокладки кабелей связи в наборе керамических, асбестовых или иных труб диаметром 50-100 мм (глубина и ширина траншей в пределах 0,5-1,0 м) при ширине боковых пазов не более 0,2-0,3 м).

Траншейные прокладки газовых, водопроводных и канализационных труб, как правило, шире и глубже кабельных прокладок (ширина траншеи не меньше 1,5-2 м. глубина-до 1,5-2,5 м. с пазухами у труб не ниже 0,4-0,6 м). В таких случаях можно использовать более крупные нереверсивных плит (их вес, как правило, находится в пределах 40-200 кгс) с ходом только вперед практически невозможно. Здесь необходимы виброплиты, осуществляющие обратный ход без своего разворота.

Такие виброплиты, имеющие вес от 120-130 до 700-800 кгс, устроенный несколько более сложно, чем нереверсивные. На них установлены двухвальный вибровозбудитель с дебалансами на каждый из валов, причем возвращаются они синхронно и в противоположных направлениях.

В последнее время появились также виброплиты с дистанционным управлением. Здесь, как в случае с траншейными виброкатками, роль оператора-машиниста помимо подготовки машины к работе, запуску и установке ее, например, в траншею сводится к поддержанию направления движения, остановке и включению обратного хода. Автор не исключает, что в ближайшем будущем могут появиться траншейные виброплиты и виброкатки с автоматическим управлением, т.е. оператор-машинист может стать наблюдателем работы виброплиты и виброкатка с пультом управления в руках.

В тех стесненных, неудобных и труднодоступных местах ведения земляных работ, где нет необходимого пространства для перемещения трамбовок, плит и катков, часто используются подвесные виброплиты на кранах, экскаваторах или специальных машинах.

Возможно применение также получивших распространение гидромолотов на одноковшовых экскаваторах.

Уплотнение откосов высоких насыпей и мостовых конусов является важной технологической задачей по обеспечению их устойчивости, особенно в период строительства и начала эксплуатации дороги, когда засев трав по слою растительного грунта на откосе еще не проявил себя в полной мере, а природные факторы (дождь, снег, талая вода, ветер и т.д.) могут существенно разрушает эту часть насыпи, если она находится в рыхлом состоянии.

При производстве земляных работ в стесненных и труднодоступных местах могут использоваться как связные, так и несвязные грунты. Возможно также применение гравийных и щебеночных материалов для отсыпки подушек и оснований. Все эти грунты и материалы обладают разной уплотняемостью при воздействии на них статических, ударных, чисто вибрационных и виброударных (или частотударных) нагрузок и средств. Да и сами средства вследствие разнообразия своих параметров имеют различную уплотняющую способность, которую следует оценивать нормативными значениями требуемого коэффициента уплотнения и толщину слоя или глубиной проработки, на которой этот коэффициент гарантированно обеспечивается. Поэтому правильная оценка уплотняющей способности тех малогабаритных средств которые используются в стесненных, неудобных и труднодоступных местах, применительно к типу грунта, его разновидности и состоянию, крайне важна и необходимо.

Эффективность уплотнения грунта и подобных материалов упомянутыми способами и средствами обусловлена в основном силовыми давлениями, возникающими на контакте рабочих органов машин с грунтом, временем действием таких давлений и количеством циклов(ударов, проходов) приложения давления к одному и тому же месту.

Ручная вибротрамбовка, к примеру при своем весе всего 50-90 кгс среднего размере стороны ударяющего башмака в плане около 30 см (контактная площадь примерно 800-1000 см<sup>2</sup>) и высоте подскока(крышка) до 40-60 мм обеспечивает «солидную» силу удара по уплотняемому грунту, достигающую до 1000-2000 кгс, а по данным проспектов некоторых фирм, иногда даже до 4000-5000 кгс, действующую однако очень короткий промежуток времени –около 0,008-0,012 с. Развиваемые при этом максимальные динамические давления башмака могут достигать 4-6 кгс/см<sup>2</sup>, что несколько десятков раз превышает статическое давление (0,05-0,10 кгс/см<sup>2</sup> или 500-1000 кгс/м<sup>2</sup>).

Частота ударов у ручной вибротрамбовки невелика (10-11 ударов в сек.) что, при средней скорости горизонтального ее перемещения 9-12 м/мин или 15-20 см/сек и длине башмака 30-34 см, позволяет ей за один свой проход наносить около 15-20 ударов по одному месту уплотняемого грунта. Полную же реализацию своих потенциалов уплотнительных возможностей вибротрамбовка осуществляет за 2-4 прохода, т.е. нужное уплотнение грунта происходит примерно за 40-60 ее ударов по месту.

Интересно сравнить результаты уплотнения и параметры ручной вибротрамбовки и трамбующей плиты на экскаваторе (вес 2-3 тс, диаметр подовшы-1,0-1,5 м, статическое давление –1000-2000 кгс/м<sup>2</sup>, высота сброса –1-2 м и время действия давления –0,020-0,060 с.).

Последняя выполняет требуемое уплотнение (0,95) всего за 6-10 установленных практикой ударов по месту.

Несмотря на значительное различие в весе, размерах, количестве ударов и других параметров малогабаритной ручной вибротрамбовки и «солидной» трамбующей плиты, у них есть много общего и даже почти совпадающего.

Скорость удара у большинства вибротрамбовок, с приведенными средними их параметрами, близка к 2,5-3 м/с и практически не регулируется. А вот статическое их давление варьируется до 2-3 раз, что и позволяет применять вибротрамбовки на разных типах и состояниях грунтов.

Для песчаных, обладающих более низкой прочностью на сжатие в рыхлом состоянии легче поддающихся уплотнению при незначительных силовых воздействиях, необходимы вибротрамбовки с пониженным статическим давлением(около 550-650 кгс/см<sup>2</sup>). Для мало связных грунтов (пески пылеватые, мелкие, сунеси) статическое давление целесообразно повысить до 700-850, а для связных –до 900-1000 кгс/м<sup>2</sup>. Некоторые фирмы с целью обеспечения таких давлений создают вибротрамбовки различного веса и иногда снабжают их сменными башмаками разных размеров.

Для таких целей наиболее часто используются гидромолоты с энергией удара 1000-3000 Дж. На самыми подходящими по габаритам и воздействиям на песчаные и связные грунты в стесненных и труднодоступных местах следует считать модели с энергией около 1500-2000 Дж.

Низкая частота ударов гидромолота (около 5 Гц), укороченное время действия динамического давления и, что очень важно, не слишком высокое статистическое давление не позволяют получить надлежащий результат уплотнения грунта за технологически приемлемые 8-10 циклов (ударов) нагружения, как у трамбуемой экскаваторной плиты или пневмоколесного катка. Для этого необходимы десятки и даже больше сотни ударов, чтобы достичь толщины слоя уплотненного песка, равной диаметру плиты, что подтверждает нижеследующая таблица 1. с опытными данными упомянутых авторов.

Таблица 1.

Общее количество циклов нагружения или ударов гидромолота по месту	Толщина уплотняемого слоя песка при энергии удара 1700 Дж, см	Толщина уплотняемого слоя в долях диаметра плиты ( $h_{упл}/d$ )
50	25	0,42
75	40	0,67
100	50	0,83
125	55	0,92
150	58	0,97

Все это вместе взятое отражается на производительности уплотнения грунта гидромолотом, составляющей всего 10-15 м<sup>3</sup>/ч.

Еще более наглядными в этот анализе параметров и результатов уплотнения являются самопередвигающиеся виброплиты. К примеру, неререверсивная модель весом 100-120 кгс (статистическое давление около 500-700 кгс/м<sup>2</sup>) при реальной скорости своего хода 15-20 см/с переместиться на расстояние своей контактной длины с грунтом (300-400 мм) всего за 1,0-1,5 с. При частоте колебаний около 80-100 Гц любая точка уплотняемого грунта под плитой за 1,0-1,5 с подвергнется около 100 циклам нагружения. А для полного уплотнения слоя грунта ей требуется, как показала практика и испытания, разных виброплит, пройти по одному следу примерно 4-6 раз. Таким образом, грунт получит в общей сложности не менее 400-600 или среднем 500 циклов нагружения.

На других малогабаритных средствах уплотнения регулирование параметров вибрации и соответствующего динамического воздействия не предусмотрено, если считать изменение размеров контактной площадки вибротрамбовок и виброплит, что и здесь отмечалось. Все виброкатки (одно вальцовые, двух вальцовые спаренные гладкие и траншейные, а также тандемные общим весом не свыше 3,5-4,0 тс) имеют только статический, малоэффективный для уплотнения грунта, и один динамические режимы укатки. Их уплотняющую способность следует оценивать теми же критериями и показателями, которые рекомендованы для крупных катков (вес более 4тс) статического и вибрационного типа, предназначенных для работы на грунтах, щебне и асфальтобетоне.

Если соотнести имеющиеся у ряда результаты уплотнения песков и песчано-гравийных смесей малогабаритными спаренными и траншейными виброкатками (толщина слоя в долях размера хорды дуги контакта вальца с грунтом при его погружении в слой на 1,0-1,5 см) с их показателями  $p_{kg}$ , то выполняется вполне определенная логическая зависимость этой толщины от параметра  $p_{kg}$  (табл. 2).

Таблица 2.

Значение показателя динамической уплотняющей способности виброкатка $p_{kg}$ , кгс/см <sup>2</sup>	Толщина уплотняемого слоя среднезернистого песка в относит. ед. (в долях $B_{min}$ )
1,6-1,8	0,9-1,1
2,0-2,5	1,3-1,5
2,5-3,0	1,5-1,7
3,0-3,5	1,7-1,9
3,5-4,0	1,9-2,2

**Примечание:**

1. Для виброкатков приближенно можно принять  $B_{min}=0,15-0,2 D$ ;
2. При уплотнении более крупнозернистых материалов толщина слоя повышается на 20-30 %, более мелкозернистых – уменьшается на 20-30 %, мало связных снижается на 40-60%.

В **заключении** нужно отметить, что из всего многообразия малогабаритных грунтоуплотняющих средств для стесненных, неудобных и труднодоступных мест и малообъемных работ дорожники на сегодня больше всего используют виброплиты легкие и средние, а значительно меньшей степени вибротрамбовки и виброплиты тяжелые, мало-виброкатки со спаренными вальцами и практически не имеют траншейных виброкатков.

**Литература**

1. Костелов М.П. Методы и средства уплотнения грунтов в стесненных, неудобных и труднодоступных местах. Санкт-Петербург. 2001;
2. Каталог-справочник «Дорожная техника-2001», М.; Машиностроение, 2001;
3. Бабков Б.Ф. Ландшафтное проектирование и безопасность дорожного движения. М.; Транспорт, 1987;
4. Сумский С.Н. Кинематические и динамические характеристики плоских рычажных механизмов. М.; Машиностроение, 1980.

\* \* \* \*

Тургумбаев Ж.Ж.,  
Тургумбаев С.Ж.,  
Ормонов Р.Б.

### **Тенденции развития конструкции подводных машин для добычи твердых полезных ископаемых со дна морей и океанов**

Приведены характеристики существующих машин для добычи твердых ископаемых со дна морей и океанов. Выявлена тенденция развития рабочих машин, добывающих твердые конкреции.

С шестидесятых годов в промышленно развитых странах начались интенсивные исследования по созданию подводных машин для добычи твердых полезных ископаемых со дна океанов и морей. В настоящее время уже создан ряд подобных машин (многие - предназначены для экспериментальных исследований) различными формами, занимающими по освоению минеральных ресурсов Мирового океана.

Между тем в недрах Мирового океана содержатся большое количество минеральных ресурсов. Так, компанией Вварзеа (США) определено содержание конкреций на дне Тихого океана в объеме 1,35 млн.т. Разведка марганцевых конкреции извондлась этой компанией в течение 15 лет. Была разведена площадь 60 тыс. км<sup>2</sup>. Определены средние значения содержания: марганца 29%, никеля 1,28%, меди 1,07%-/ кобальта 0,25%, железа 6,3%. Средняя концентрация составляла - 9,7 кг/м<sup>2</sup>. Компанией сделана попытка по определению экологической модели оценки объема добычи и срока службы добывающих предприятий. Так, для разработки площади в 23-24 тыс. км считает необходимым сроком службы предприятия 20 лет [1].

Другие фирмы Франции, проводившие работы по определению запасов различных металлов в конкрециях на дне Тихого океана. За период с апреля 1975 года до конца 1976 года ими разведены 262 участка дна, взяты 1844 пробы данных грунтов. Определено, что Тихий океан содержит около 66% мировых запасов никеля и 17% запаса меди. При разработке конкреций установлен (при концентрации 10 кг/м<sup>2</sup>, среднее содержание никеля и меди 2,5%) запас в объеме - 350 млн.т [2].

Имеются сведения о проведении испытаний и экспериментальных исследований по добыче минеральных ресурсов с морских глубин. На судне Слатег Explorer первый испытательный рейс, в Тихом океане. Испытанию подвергалась, компанией Lockked Missiles and Space Co добычная машина непрерывного действия 'v, . сбора марганцевых конкреций с морского дна. Судно способно обеспечить выполнение всех операций по добыче конкреций на глубинах до 5486 м. Корабль может точно дублировать курс добычной машины. Первоначально испытания велись на глубинах 1828 м, а затем были продолжены в открытом океане на расстоянии 2,7 км к юго-востоку от Гавайских островов. Отмечаются возникшие неполадки в ходе проведения испытаний при закрытии проемов в днище судна. Тем не менее, добычная машина была спущена на глубину 5486 м. и достигла дна океана. Спуск машины осуществлялся сначала на канатах до глубины ниже киля корабля на 61 м., затем путем наращивания става буровых труб секциями длиной по 18,3 м. Внутренний диаметр труб постоянен (122 мм), а наружные диаметры разные - 305, 356, 394 мм.

Рабочий орган указанной добычной машины выполнен в виде большого струга (отвала) с встроенной дробилкой и навешан на самоходную установку, изготовленную из стали и титана. Самоходная установка создана при участии фирмы.

Скорость перемещения установки по дну 168...3,47 км/ч. Собранный материал подвергается к дроблению и затем в виде пульпы по трубам поднимается на поверхность. Производительность установки оценивается до 1000 тонн в сутки.

Специалистами Западной Германии [1] создан рабочий орган для сбора конкреций в виде коллектора - механизма, служащего для сбора конкреций, отделение донных отложений и транспортировки конкреций к вертикальному трубопроводу. Испытания проводились в 5 стадиях. Из большого числа разработанных конструкций коллекторов на третьей стадии осталось - 4, на четвертой - 3, на пятой - 2 вида этих механизмов, а именно - механический и гидравлический. При механическом способе донные отложения подрезаются ножом и с помощью скребкового конвейера направляются к трубопроводу. Гидравлический механизм оборудован электродвигателем и пропеллером, обеспечивающим всасывание конкреций. В ходе испытаний собрано и поднято на судно 600 т. конкреций. При скорости передвижения коллектора 10 м/мин, его производительность достигла 15 т/ч. При этом доля донных отложений в выдаваемом материале составляло 0,12...0,5%.

Японскими учеными в 1977 году в море на глубине 50, 80 м проведены полевые испытания системы CLB с помощью судов, водоизмещением соответственно 368,3 и 142,9 т. В экспериментах использовали полипропиленовый трос диаметром 10-14 мм с общей длиной 300 м. На тросе установлены 75 черпаков с расстоянием между ними 4 м. Размеры черпака,

изготовленного из стали, 12x7x18 см и вес его на воздухе - 1,5 кг. Результаты экспериментов показали, что при использовании приводного устройства с зонтообразными шкивами обеспечивается плавность циркуляции троса с закрепленными на нем черпаками [1].

Учеными Японии также проведены экспериментальные исследования рабочих органов сбора твердых полезных ископаемых в подводных условиях в бассейне с длиной 20 м, шириной 2 м и глубиной 2 м. В экспериментах использовали в качестве рабочего органа выемочного отвала и сопло, состоящего из наружного и внутреннего станин. Внутренняя станина имела ширину 0,84 м, изготовлена из алюминия, при ширине выемочного отвала 0,6 м, длину 0,6 м, высоту 0,3 м и массы на воздухе и в воде 100 и 15 кг соответственно. Угол наклона выемочного отвала к станине составляет 27 градуса и выступает ниже станины на 30 мм. На станине установлены сопла диаметром 5 и 12 мм для создания водяной струи. Наружная рама выполнена из стали, на которой смонтирован насос ОКБ - 6 (диаметр отверстия 50мм, электродвигатель мощностью 1,5 кВт), имела длину 1,7 м, 1,4 м, высоту 1,2 м. Масса рамы в воде с насосом - 130 кг. Марганцевые конкреции, снятые с морского дна в результате действия выемочного органа, под действием водяной струи других сопел конкреции попадают в наклонную трубу, затем поступают в камеру, откуда под действием водяной струи сопел конкреции поднимаются по вертикальной трубе. Дно бассейна насыпано слоем кварцевого песка толщиной 20 см, при этом скорость буксировки рабочего органа составляла 0-1,5 м/с, а в качестве модели марганцевых конкреций использовали легкий наполнитель, с средним диаметром 3,6 см, плотностью 1960 кН/м<sup>3</sup>. Степень покрытия дна бассейна конкрециями примерно 20-50% при расходе примерно 8-20 кг/м<sup>2</sup> конкреций в бассейне. Полученные результаты сравнивались с экспериментами, проведенными в море на глубине 30 м. Скорость буксировки составляли при этом 0,2 - 0,25 м/с [2].

В настоящее время созданы и эксплуатируются подводные машины для добычи минеральных ресурсов (марганцевых конкреций) с глубины 5-6 тыс. метров, конструкция рабочих органов этих машин отличается разнообразием.

Фирма Chantiers de France Dunlerque в кооперации с фирмой Commissariat aL'Energie Atomique создала глубоководную добывающую систему, предназначенную для промышленной эксплуатации месторождений железомарганцевых конкреций на глубине 5-6 км. Система включает платформу с дистанционно управляемым автономным собирающим агрегатом. Габариты собирающего агрегата: 24x12x7,5 м, масса 550 т. Каждый агрегат оснащен 4 независимыми движителями. Скорость погружения и всплытия собирающих агрегатов 0,4-0,7 м/с. Скорость драгирования по дну океана 0,3 м/с. При плотности залегания железомарганцевых конкреций не превысят 4,8 кВт. час.

Отмечается, что платформа снабжена электростанцией мощностью 40 тыс.т. железомарганцевых конкреций, технологическими и жилыми помещениями на 150-180 человек обслуживающего персонала.

Фирма Standard Oil of Koninklyke shell Groep (Голландия) ведет добычу на глубине 4800 м до 6000 м в районе Гавайских островов. На глубине 4800 м. с 1 м<sup>2</sup> собирается 2,4 кг конкреций. Размеры конкреций составляли 0,5...25 см, средние - 4 см, удельный вес — 2 г/см<sup>3</sup>. Конкреции имели следующие компоненты: никель - 0,5... 1,8%, медь - 0,3... 1,6%, кобальт - до 1,0%, марганца - 15...35% другие металлы - 5...15%. Разработка ведется с помощью насосов, которые засасывают с поверхности дна конкреции и доставляют на плавучую платформу, а затем транспортируют на фабрику, которая расположена на расстоянии 22000 км.

Для добычи металлосодержащего ила со дна Красного моря сконструирована специальная установка, которая монтируется на судно и опускается на место добычи. Опускаемая часть состоит из гидромонитора, предназначенного для разрушения ила,

который с помощью плунжерного насоса поднимается на поверхность. Донная установка производит добычу металлосодержащего ила в радиусе 20 м.

Наибольшее развитие в настоящее время получила добыча полезных ископаемых драгами. В эксплуатации находятся 2 крупные драги, имеющие параметры: 110\*30\*6,5 м с ковшами объемом 0,83 м<sup>3</sup>, глубиной подводной разработки до 45 м, производительностью 1836 м<sup>3</sup>/ч и 108\*32\*4,75 м с ковшами объемом 0,62 м<sup>3</sup>, глубиной подводной разработки до 50 м, производительностью 975 м<sup>3</sup>/ч. Специалисты считают, что в основном на работу драг оказывают влияние морские волны, а главной проблемой является перегрузка добытого продукта в транспортные средства и последующая и последующая транспортировка на берег [1].

Драга Ameland фирмы Grin und Bifinger GmBH (ФРГ) имеет длину 71,5 м, ширину 12,5 м, высоту борта 3,75 м. Предназначена для разработки подводных месторождений и транспортировки грунта на глубине до 100 м. диаметры труб - 700 и 650 мм соответственно всасывающей и нагнетающей. На драге установлены 2 насоса. Производительность по перекачке смеси 5400 м<sup>3</sup>/ч. Установленная мощность 2500 кВт [12].

В подавляющем большинстве машин по добыче месторождений со дна морей и океанов, для доставки собранных конкреций на поверхность используются гидравлический транспорт.

В проведенных исследованиях [2] изучалась эффективность транспортировки конкреций на высоту 30 м. Использовалась 11-образная труба диаметром 0,2 м, по которой с помощью потока воды поднимались керамические частицы с максимальным размером в поперечном сечении 13, 26, 41 и 52 мм (эти размеры соответствуют размерам, встречающихся в природе марганцевых конкреций). Нагнетание воды осуществлялось высоконапорными центробежными насосами, приводимыми от 2-х электродвигателей. Плотность имитационных частиц составляла 2,3 г/см<sup>3</sup>, максимальная скорость движения воды 4 м/с, объем подачи воды 600 м<sup>3</sup>/ч, подача твердого минерала 100... 1000 кг в час. Мощность электродвигателей: 30 кВт 3300 об/мин и 90 кВт 2900 об/мин. На основании испытаний были выведены эмпирические уравнения, с помощью которых можно рассчитать оптимальную конструкцию вертикального гидроподъема конкреций для конкретных условий.

В 1971 году акционерное общество Wairipi приступило к разработке титано-марганцевого песка на побережье острова Новой Зеландии, содержащего до 18% железа, с последующим обогащением концентрации до 56%. Концентраты доставляются в виде пульпы по трубопроводу диаметром 30 см с толщиной стенок 12,7 мм. Трубопровод сварен в одну длину плетью на берегу, а затем передвинут на место. Снаружи трубы определяются внутренней эрозией. Для подачи пульпы насосная станция имеет 6 центробежных насосов производительностью 1800 м<sup>3</sup>/ч, с напором 42 кгс/см<sup>2</sup>. Всего было загружено более 100 судов с общим тоннажем 5,6 млн. т. В Бразилии по трубопроводу компании «Затагсо» производится гидротранспорт железорудной пульпы от рудников до побережья Атлантического океана. Руда содержит примерно 54 % железа и подвергается обогащению содержанием в концентратах до 67,5 %. Строительство было начато в 1975 году и закончено в 1997 году. Он состоит из труб диаметром 51 см, изготовленных из углеродистой стали без изоляции, рассчитанной на срок службы 20 лет. На всем 400 км протяжении пульпопровод под грунтом. 2 насосные станции оснащены поршневыми насосами типа триплекс с напором до 147 кгс/см<sup>2</sup>. (Ща расположена в начале, на обогатительной фабрике, другая на полпути. Минимальная производительность трубопровода рассчитана на транспорт 7 млн. т концентрата в год.

#### Выводы:

1. В настоящее время в масштабе мира все шире ведутся промышленно-эксплуатационные работы по добыче полезных ископаемых со дна морей и океанов

- на глубине 5-6 км, на базе проводившихся научных экспериментов, как на модели, так и в натуральных условиях.
2. Анализ литературы по подводным машинам и их рабочим органам для добычи полезных их конструкций и принципов работы, что свидетельствуют отсутствие единого подхода к решению этой проблемы.
  3. Конструкции рабочих органов добычных подводных машин переняты от существующих машин, применяемых для работы под водой на малых глубинах.
  4. Транспортирование конкреций со дна морей и океанов на поверхность преимущественно осуществляется гидравлическим способом.

**Литература**

1. Смолдыров А.Е. Методика и техника морских геологоразведочных работ. М., Недра, 1978 – 146
2. Chari T. Use of free fall penetrometr in sea floor engineering. Ocean`78, Marine Technology Society. P. 686-706

\* \* \* \*

Маймеков З.,  
Султанкулов М.

**Моделирование системы топливо (Ж) – вода-воздух и определение концентраций серосодержащих веществ**

Приведены экспериментальные данные по снижению концентрации диоксида серы в газовой фазе на основе использования и сжигания модифицированных водотопливных эмульсий, а также данные по серосодержащим компонентам, образующихся при различных количествах окислителя и значениях температуры.

Изучение модифицированных топливных систем и практическое использование их в различных промышленных котлоагрегатах показали следующие физико-химические и техногенные характеристики (табл.1)[1]:

**Таблица 1**  
**Концентрация серосодержащих вредных веществ в дымовых газах котельных установок средней и малой мощности**

Компонент газовых выбросов	Количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, мг/м <sup>3</sup>		
	мазут	водомазутная эмульсия	Снижение газовых выбросов, %
<u>SO<sub>2</sub></u>	ДКВР6,5-13, Н= 35 м, Д=2 м, v=5,42 м <sup>3</sup> /с, t=185°С, v <sub>в</sub> =2,2 м/с,		
	1152(195,47)	1102,1(187,06)	4,79
	ДКВР4/13, Н=40 м, Д=2 м, v=2,5 м <sup>3</sup> /с, t=185°С, v <sub>в</sub> =3,7 м/с,		
	τ=0,58 г		

SO<sub>2</sub>                    372(29,33)                    352(27,75)                    5,38  
 ПТВМ-30М, Н=40м, Д=2м, v=39,72м<sup>3</sup>/с, t=185°С, v<sub>в</sub>=3,7 м/с,  
 τ=0,58г

SO<sub>2</sub>                    341(249,17)                    320(234,58)                    6,15

ДКВР-2,5-13 (ДКВР-6,5 и ДЕ-10-14), Н=32м, Д=0,6м,  
 $V=14,86\text{ м}^3/\text{с}$ ,  $t=120^\circ\text{C}$ ,  $v_B=3,4\text{ м/с}$ ,  $\tau=0,33\text{ г}$

$\text{SO}_2$  435(67,02) 421(64,86) 3,07  
 ДЕ-25-14ГМ, Н=80м, Д=3,0м,  $v=9,32\text{ м}^3/\text{с}$ ,  $t=130^\circ\text{C}$ ,  $v_B=1,5\text{ м/с}$

$\text{SO}_2$  1120(329,43) 1092(321,70) 2,50  
ГМ-50(2) (ДКВР-6,5/12(2)) (Б-25-15ГМ), Н=63м, Д=3м,  
 $v=110,86\text{ м}^3/\text{с}$ ,  $T=130^\circ\text{C}$ ,  $v_B=4,3\text{ м/с}$

$\text{SO}_2$  360(1253,30) 346(1210,42) 3,42  
 Е-1/9-1М(2М), Н=22м, Д=0,6м  $v=0,833\text{ м}^3/\text{с}$ ,  $t=135^\circ\text{C}$ ,  $v_B=2,7\text{ м/с}$

$\text{SO}_2$  400(10,40) 380(10,09) 3,02  
 Е-1/9-М(4), Н=24м, Д=0,4м,  $v=0,412\text{ м}^3/\text{с}$   $t=125^\circ\text{C}$ ,  $v_B=3,2\text{ м/с}$

$\text{SO}_2$  245 (3,217) 230(3,027) 5,91  
 ДКВР-4/13(3), Д=0,6м,  $v=9,27\text{ м}^3/\text{с}$ ,  $t=174^\circ\text{C}$ ,  $v_B=3,0\text{ м/с}$

$\text{SO}_2$  330(96,48) 315(92,095) 4,54  
 КЕВ-4-14(2), Н=25м, Д=1м,  $v=5,44\text{ м}^3/\text{с}$ ,  $t=130^\circ\text{C}$ ,  $\tau=0,416\text{ г}$

$\text{SO}_2$  320(22,63) 299,5(21,18) 6,4

Из таблицы 1 видно, что сжигание мазута в виде водомазутной эмульсии при различных гидродинамических, физико-химических и технических характеристиках топлива и топливных систем способствовало снижению содержания диоксида серы в газовой фазе от 2 до 7%. При этом количество воды в водомазутной эмульсии изменялось от 5 до 15%, т.е. в газовой фазе составило в пределах 3,64-4,45 моль/кг. Экспериментальные данные показали, что изменение количества воды в топливе не оказывало заметного влияния на содержание диоксида серы в газовой фазе. С учетом этих обстоятельств в данной работе рассмотрены химические аспекты минерализации обратной эмульсии на основе техногенного сырья, т.е. кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ) и доломита  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  с последующим приготовлением и сжиганием их в котлоагрегатах средней и малой мощности.

В результате физико-химического моделирования системы топливо (ж)-вода-воздух найдены серосодержащие компоненты в газовой фазе при оптимальном количестве (15%) воды в обратной эмульсии и определены их концентрации при различных количествах окислителя и значениях температуры (табл.2).

Из приведенных ниже данных видно, что в дымовых газах наряду с  $\text{SO}_2$  присутствуют некоторые количества  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SH}$ ,  $\text{SOH}_2$ ,  $\text{SOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{SO}$  и  $\text{SO}_3$ , образующихся в результате взаимодействия сернистых веществ с парами воды водотопливных эмульсий, а также на основе реакции с раствором  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , конденсирующейся при более высокой температуре, чем водяные пары. Здесь следует заметить, что взаимодействие серосодержащих компонентов газовой фазы, в том числе диоксида серы с водяными парами водотопливных эмульсий зависит от величины сопротивления массопереносу в отдельных сплошных и дисперсных фазах.

Таблица 2

Состав и концентрации серосодержащих компонентов (моль/кг) газовой фазы, образующихся в системе топливо(ж)-вода-воздух в зависимости от температуры и количества окислителя. Содержание воды в эмульсии 15%, а в газовой фазе от 3,64-4,45 моль/кг.

Компоненты газовой фазы	$\alpha$	Температура, °C				
		1000	1200	1400	1600	1800
H <sub>2</sub> S	1,02	1,21E-16	9,82E-14	1,63E-11	8,39E-10	1,44E-08
SH	1,02	1,39E-16	1,91E-13	4,70E-11	3,33E-09	7,83E-08
	1,05	4,86E-16	6,67E-14	1,64E-11	1,23E-09	3,64E-08
	1,1	2,07E-17	2,84E-14	6,96E-11	5,28E-10	1,69E-08
SOH	1,02	3,39E-15	7,13E-13	4,18E-11	9,87E-10	1,07E-08
SOH <sub>2</sub>	1,02	5,29E-08	3,41E-07	2,79E-06	1,39E-05	4,05E-05
	1,05	9,25E-09	1,4E-07	1,17E-06	6,13E-06	2,15E-05
	1,1	4,50E-09	7,0E-08	5,71E-07	3,0E-06	1,12E-04
	1,25	1,63E-09	2,54E-08	2,07E-07	1,09E-06	4,16E-06
H <sub>2</sub> SO	1,02	5,29E-12	2,16E-10	3,68E-09	3,2E-08	1,53E-07
	1,05	2,23E-12	9,09E-11	1,55E-09	1,45E-08	8,11E-08
	1,1	1,08E-12	4,42E-11	7,53E-10	7,08E-09	4,23E-08
	1,25	3,19E-13	1,61E-11	2,73E-09	2,56E-09	1,57E-08
S	1,02	1,52E-16	2,59E-13	7,47E-11	6,11E-11	1,7E-07
	1,05	6,60E-17	1,12E-13	3,24E-11	2,78E-09	9,35E-08
	1,1	3,35E-17	5,71E-14	1,64E-11	1,42E-04	5,1E-08
	1,25	1,36E-17	2,33E-14	6,71E-12	5,80E-10	2,13E-08
SO	1,02	2,91E-09	1,42E-07	2,71E-06	2,69E-05	1,53E-04
	1,05	1,89E-09	9,20E-08	1,76E-06	1,79E-05	1,12E-04
	1,1	1,31E-09	6,39E-09	1,23E-06	1,25E-05	8,04E-05
	1,25	7,89E-10	3,86E-08	7,40E-07	7,55E-06	4,92E-05
SO <sub>2</sub>	1,02	4,05E-02	4,08E-02	4,09E-02	4,09E-02	4,07E-02
	1,05	3,94E-02	3,98E-02	3,99E-02	4,00E-02	3,99E-02
	1,1	3,73E-02	3,78E-02	3,80E-02	3,80E-02	3,79E-02
	1,25	3,30E-02	3,37E-02	3,39E-02	3,39E-02	3,39E-02
SO <sub>3</sub>	1,02	4,05E-04	1,18E-04	4,65E-05	2,30E-05	1,46E-05
	1,05	5,90E-04	1,73E-04	6,82E-05	3,30E-05	1,91E-05
	1,1	7,62E-04	2,25E-04	8,87E-05	4,27E-05	2,4E-05
	1,25	9,94E-04	2,96E-04	1,17E-04	5,65E-05	3,14E-05

Поскольку серосодержащие компоненты газовой фазы умеренно растворимы в воде, поэтому сопротивление массопереносу лимитировано в жидкой и газовой среде. Что и объясняется с незначительным снижением диоксида серы, в случае использования и сжигания водо-мазутных эмульсий. Соответственно, было изучено растворимость диоксида серы в водной среде. Результаты экспериментальных исследований по изучению зависимости коэффициента массоотдачи от режимных параметров процесса абсорбции диоксида серы каплями воды в режиме противоточного взаимодействия фаз представлены в табл.3.

Таблица 3.

Зависимость  $\beta_{жк}$  от скорости газа и расхода жидкости

$$U_r = 1,05 \text{ м/с}, \tau_k = 0,3064 \text{ с}, Y_{SO_2} = 1, P_{SO_2} = 704 \text{ мм.рт.ст.}, Re_{жк} = 5297,$$

$$Re_{жк} = 3,71 \cdot 10^8, Pr_{жк} = 265, H = 2,07 \cdot 10^6 \text{ мм.рт.ст.}, D_{жк} = 4,6 \cdot 10^9 \text{ м}^2/\text{с}, H_k = 0,46 \text{ м}, D_k = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$C_{SO_2}^0 = 0, t_{H_2O} = 15^0 \text{ C}, Nu_{жк} = 754 - 1064$$

$U_r \cdot 10^3$ , м/с	$W_{жк}$ , кг/ч	$\Sigma C$ , кг/м <sup>3</sup>	$C_T^n$ , кг/м <sup>3</sup>	$C^k$ , кг/м <sup>3</sup>	$\beta_{жк}^s \cdot 10^3$ , м/с	$\beta_{жк}^p \cdot 10^3$ , м/с	%
4,42	1,16	58,61	35,29	120,54	0,810	0,768	5,3
8,84	1,16	68,35	41,01		0,973	0,999	-2,7
13,30	1,16	73,49	44,09		1,065	1,165	-9,4
17,70	1,16	80,96	48,58		1,207	1,300	-7,7
22,10	1,16	100,44	60,29		1,622	1,415	12,8
13,30	0,61	77,44	46,49		1,009	1,025	-1,6
13,30	0,72	76,80	46,08		1,067	1,056	1,0
13,30	0,83	76,32	45,7		1,096	1,084	1,1
13,30	0,94	75,17	45,10		1,118	1,108	0,9
13,30	1,05	73,60	44,16		1,127	1,131	-0,3
13,30	1,16	70,40	42,24		1,139	1,151	-1,1

Обработка экспериментальных данных позволила получить эмпирические уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи в жидкой фазе в зависимости от расхода жидкости и скорости газа:

$$\beta_{жк} = 1,70 \cdot 10^3 W_{жк}^{0,181}$$

$$\beta_{жк} = 6,02 \cdot 10^3 U_r^{0,38}$$

$$\beta_{р}^{жк} = 3,78 \cdot 10^3 U_{SO_2}^{0,231} W_{H_2O}^{0,102}$$

Анализ данных показывает, что скорость массообмена в системе SO<sub>2</sub>-H<sup>2</sup>O при лимитирующем сопротивлении переносу массы в жидкой фазе зависит в основном от гидродинамических характеристик капель, и в незначительной степени от скорости движения отдельных фаз. С учетом этих обстоятельств была изучена растворимость диоксида серы в воде с целью определения рН раствора (табл.4).

Таблица 4

Зависимость рН раствора от температуры и объемного расхода диоксида серы

$Q_{SO_2}$ , м <sup>3</sup> /ч	$C_{SO_2}$ , г/л	рН <sub>жк</sub>	рН <sub>расч</sub>	%
1.	2.	3.	4.	5.
T=288K(15 <sup>0</sup> C)				
0,02	58,81	1,21	1,237	-2,232
0,04	68,35	1,11	1,11	0
0,06	73,45	1,04	1,056	-1,538
0,08	80,96	1,01	1,06	-0,003
0,10	100,48	0,98	0,981	10,1
T=303K(30 <sup>0</sup> C)				
0,02	49,22	1,55	1,446	6,709
0,04	59,16	1,21	1,279	-5,702

0,06	65,76	1,15	1,192	-3,652
0,08	72,55	1,05	1,064	-1,333
0,10	77,28	1,03	1,057	-2,621
T=318K(45 <sup>0</sup> C)				
0,02	39,22	1,68	1,688	-0,004
0,04	48,16	1,51	1,474	2,384
0,06	51,16	1,41	1,410	0
0,08	52,31	1,33	1,377	-3,533
0,10	57,88	1,25	1,296	-3,680
T=333K(60 <sup>0</sup> C)				
0,02	31,81	1,91	1,931	-1,099
0,04	36,15	1,78	1,76	-1,123
0,06	41,42	1,62	1,614	0,003
0,08	48,38	1,54	1,473	4,350
0,10	53,13	1,42	1,392	2,042
T=353K(80 <sup>0</sup> C)				
0,02	28,18	2,12	2,111	-0,004
0,04	34,35	1,84	1,855	-0,008
0,06	38,93	1,71	1,711	0
0,08	42,43	1,65	1,618	1,939
0,10	50,28	1,49	1,470	1,342

На основании экспериментальных данных по растворимости диоксида серы в воде в пределах  $t=15-80^{\circ}\text{C}$ ,  $W_{\text{SO}_2}=0,02-0,1$  м /час получено расчетное уравнение для определения pH раствора:

$$pH = 6,892W_{\text{SO}_2}^{-0,039} t_{\text{H}_2\text{O}}^{0,091} C_{\text{SO}_2}^{-0,519}$$

Таблица 5

Состав и концентрации (моль/кг) серосодержащих газовой и конденсированных фаз, образующихся при сжигании водомазутных эмульсий без минеральных добавок  $\alpha = 1,05, C_{\text{H}_2\text{O}} = 15\%$

Компонент фазы	Температура, <sup>0</sup> C			
	200	400	600	800
Состав газовой фазы				
SO	2,15E-37	2,84E-22	2,06E-15	8,83E-12
SO <sub>2</sub>	4,09E-9	6,15E-4	2,02E-2	3,74E-2
SO <sub>3</sub>	4,14E-4	3,66E-2	2,02E-2	3,07E-3
SOH <sub>2</sub>	3,0E-30	3,27E-18	5,19E-13	2,08E-10
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,0E-2	3,14E-3	4,26E-5	6,82E-10
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,60E-27	1,25E-16	6,63E-11	1,87E-7
Отдельные конденсированные фазы				
MgO	0	0	0	0
MgSO <sub>4</sub>	3,3E-6	3,3E-6	3,3E-6	3,3E-6
CaO	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	3,19E-5	3,19E-5	3,19E-5	3,19E-5
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,52E-5	1,52E-5	1,52E-5	1,52E-5

Исходя из экспериментальных данных, сделан вывод о том, что для эффективного снижения концентрации диоксида серы в газовой фазе можно рекомендовать в топках водно-суспензионные топливные эмульсии, т.е. использовать водные суспензии карбонатов щелочноземельных металлов в процессе приготовления обратных топливных эмульсионных систем. В табл.5 приведены составы и концентрации компонентов газовой и конденсированных фаз, образующихся при сжигании водомазутных эмульсий без минеральных добавок при  $\alpha=1,05$  и  $C_{H_2O}=15\%$  в ВТЭ. Здесь следует подчеркнуть, что в табл.2 представлены данные ВТЭ при высоких температурах без конденсированной фазы.

Таблица 6

Состав и концентрации (моль/кг) серосодержащих компонентов газовой и конденсированных фаз, образующихся при сжигании водносуспензионной топливной эмульсии 2 г  $CaCO_3$  в 100 г ВМЭ,  $C_{H_2O}=15\%$ ,  $\alpha=1,05$

Компоненты фазы	Температура, °C						
	200	400	600	800	1000	1200	1400
SO	1,36E-37	1,8E-22	1,31E-15	5,65E-12	1,23E-9	9,32E-8	1,79E-6
SO <sub>2</sub>	2,58E-9	4,13E-4	1,28E-2	2,37E-2	2,53E-2	4,02E-2	4,03E-2
SO <sub>3</sub>	2,62E-3	2,32E-2	1,28E-2	1,93E-3	3,73E-4	1,75E-4	6,87E-5
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,54E-2	1,99E-3	2,69E-2	4,28E-7	1,87E-8	3,07E-9	4,63E-10
SOH <sub>2</sub>	1,9E-30	3,33E-13	3,33E-13	1,35E-10	5,95E-9	1,42E-7	1,16E-6
NaSO <sub>4</sub>	1,6E-27	6,32E-11	6,32E-11	1,86E-7	1,42E-5	7,28E-7	1,82E-9
Отдельные конденсированные фазы							
MgO	0	0	0	0	3,44E-6	3,12E-6	0
MgSO <sub>4</sub>	3,45E-6	3,45E-6	3,45E-6	3,45E-6	0	0	0
CaO	0	0	0	0	0	1,48E-2	1,48E-2
CaSO <sub>4</sub>	1,48E-2	1,48E-2	1,48E-2	1,48E-2	1,48E-2	0	0
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,59E-5	1,59E-5	1,59E-5	1,59E-5	0	0	0

Полученные результаты показывают, что в случае использования и сжигания водносуспензионной топливной эмульсии в топках серосодержащие компоненты в газовой фазе снижаются. В дальнейших исследованиях будут показаны составы и концентрации, а также химизм процесса минерализации водотопливных эмульсий при высоких концентрациях кальцита и доломита.

#### Обозначения

- H – высота дымовой трубы, м
- D – диаметр дымовой трубы, м
- v – объем газовоздушной смеси из устья дымовой трубы, м<sup>3</sup>/с
- t – температура дымовых газов, °C
- v<sub>в</sub> – скорость ветра, м/с
- τ – время работы котлоагрегата, год
- α – избыток окисления в топке (α – фактор)
- U<sub>r</sub> – скорость диоксида серы в колонне, м/с
- τ<sub>k</sub> – время падения капли в колонне, с
- У – мольная доля диоксида серы
- P<sub>SO2</sub> – парциальное давление диоксида серы в газовой фазе, мм.рт.ст.
- Re<sub>ж</sub> – число Рейнольда по жидкости
- Re<sub>ж</sub> – число Пекле по жидкости

- $Pr_{жк}$  – число Прандтля по жидкости  
 $H$  – коэффициент Генри, мм.рт.ст.  
 $D_{жк}$  – коэффициент диффузии газа в жидкой фазе, м<sup>2</sup>/с  
 $H_k$  – высота колонны, м  
 $D_k$  – диаметр колонны, м  
 $C_{SO_2}^0$  – начальная концентрация диоксида серы в жидкой фазе, кг/м<sup>3</sup>  
 $t_{H_2O}$  – температура воды, °С  
 $Nu_{жк}$  – число Нуссельта по жидкости  
 $W_{жк}$  – весовой расход жидкости (H<sub>2</sub>O), кг/ч  
 $\Sigma C$  – суммарная концентрация диоксида серы, кг/м<sup>3</sup>  
 $C_T^{II}$  – концентрация диоксида серы во время полета капли в колонне, кг/м<sup>3</sup>  
 $C^K$  – равновесная концентрация диоксида серы в колонне, кг/м<sup>3</sup>  
 $\beta_{жк}^э$  – экспериментальный коэффициент массоотдачи в жидкой фазе, м/с  
 $\beta_{жк}^р$  – расчетный коэффициент массоотдачи в жидкой фазе, м/с  
 $Q_{SO_2}$  – объемный расход диоксида серы в колонне, м<sup>3</sup>/ч  
 $S_{SO_2}$  – рабочая концентрация диоксида серы в колонне, м<sup>3</sup>/ч  
 $p_{экс}^H$  – экспериментальный водородный показатель раствора SO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O  
 $T$  – абсолютная температура, К.  
 $W_{SO_2}$  – весовой расход диоксида серы, кг/ч  
 ВТЭ – водотопливная эмульсия  
 ВМЭ – водомазутная эмульсия

### Литература

1. Маймекон З.К. Физико-химические основы использования газо-жидкостных потоков при оптимизации процессов сжигания жидкого топлива и рекарбонизации водно-солевых систем. - Автореф. дис.на соис. уч. степ. доктора техн.наук. -КаЗХТИ, 1994, - 50 с.

\* \* \* \*

Омурзаков Д.О.,  
 Разаков М.Р.

### Технология получения варенья из боярышника и ее физико-химический состав

Жалалабатский регион является одним из богатейших лесных массивов не только в Кыргызской Республике, но и в Средней Азии. Этот регион имеет неисчерпаемые богатства дикорастущих плодов, ягод, фруктов и ореха.

Для суверенного государства Кыргызстан назрела необходимость переработки этих богатств и получения экологически чистых продуктов питания с выходом на мировой рынок.

Достаточно привести такой пример: насчитывается 14 сортов дикорастущего боярышника. Его запасы составляют 1000 т. Боярышник считается старинным лечебным средством, его плоды, цветки и листья издавна применяются в медицинской практике при нарушении кровообращения и сердечно сосудистых заболеваниях.

В плодах боярышника находятся флавоноиды в виде глюкозидов, состоящих из углеводов, а углеводы в боярышнике обнаружены в виде токсоза и пентоза, соединенных различными химическими веществами, спиртами, альдегидами, фенолами и др. В воде

глюкоза растворима. Она гидролизуется, распадаясь на составные части сахар и не сахаристый компонент - аглюкон.

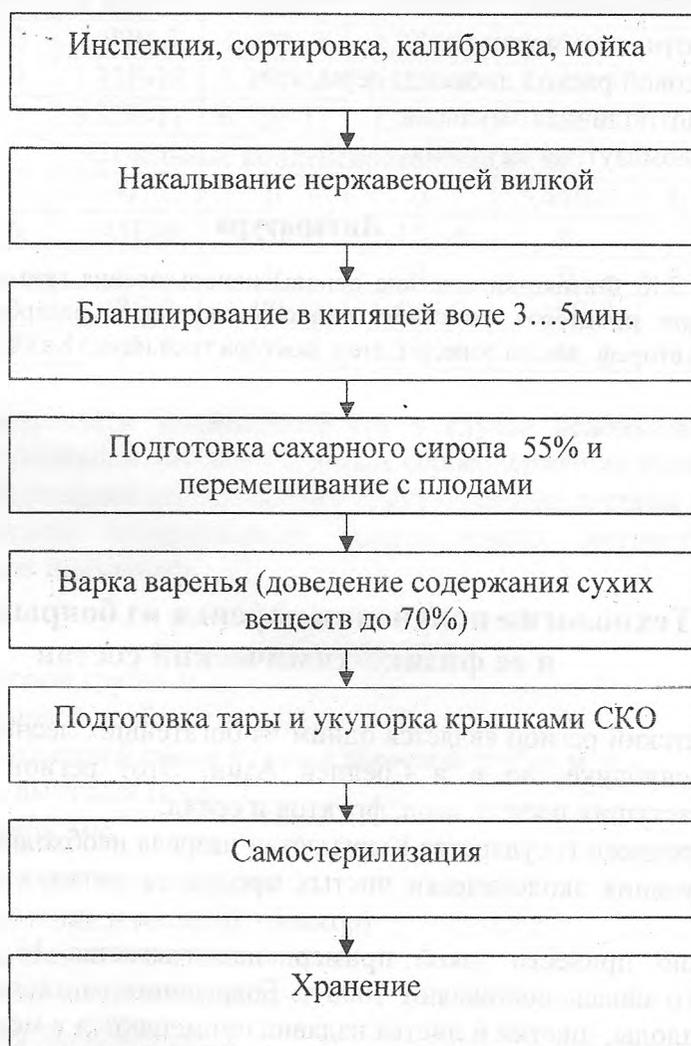
Из плодов боярышника не производили варенья. Боярышник содержит большое количество витаминов и сухих веществ. Отсюда следует, что боярышник в переработанном и консервированном виде приносит человечеству большое количество питательных веществ необходимых для организма человека.

В данной работе приводится результат технологии получения варенья из боярышника и ее физико-химический состав.

Для приготовления варенья использовали плоды боярышника взятые из четырех участков лесных массивов Жалалабатской области: Арсланбоба, Кызыл Ункура, Кара-Алмы и Ортока. Эти образцы боярышника подвергались сортировке и инспектировке по внешнему виду и удаляли поврежденные и подающие признаки к различным повреждениям.

После чего было определено содержание сухих веществ по рефрактометру ДРУ-1. Результаты следующие (w%) боярышник Арсланбоба – 24, Кызыл – Ункура – 25,4, Кара – Алмы – 23,7 и Ортока – 25.

#### Технологическая схема производства варенья из боярышника



Предварительная обработка плодов оказывает существенное влияние на качество варенья. В готовом варенье плоды должны быть равномерно диффундированы сахаром. Плоды боярышника имеют кожицу, состоящую из плотных клеток, препятствующих

(диффузия) проникновению сахарного сиропа в плодовую ткань. Для интенсификации проникновения сахарного сиропа в плоды накалывают нержавеющей вилкой затем в нержавеющей емкости производят бланшировку в кипящей воде в течении 3...5 мин. Целью бланшировки является свертывание белков протоплазмы, при этом ее проницаемость увеличивается, что обеспечивает проникновение сахарного сиропа в клетки. Приготовили сахарный сироп концентрацией 55%. Температуру сиропа поддерживали в пределах 80<sup>0</sup>С. Контроль осуществлялся стеклянным термометром с пределом показаний от 0 до 120<sup>0</sup>С. Загружали плоды боярышника собранные из отдельных участков в нержавеющую емкость и варку производили отдельно. Доводили массу до кипения прекращали кипения, и медленно охлаждали в течении 2 часов. Этот процесс повторяли три раза и измеряли содержание сухих веществ рефрактометром. Содержание сухих веществ доводили до 70% из расчета, что при остывании происходит отклонение 6...8%, что соответствует нормативно-техническим документациям. Параллельно подготовили для расфасовки стеклянную тару вместимостью 0,5 литров и крышки СКО по следующей схеме: банку стеклянную 1-82-500 ошпаривали острым паром в кипящем чайнике 3 минуты, крышку СКО кипятили в эмалированной посуде до 5 минут. После чего заливали готовый продукт в подготовленную тару и закрывали крышкой СКО, закатку производили ручным закаточным прибором. Переворачивая вверх дном и вниз крышкой плотно сверху закрывали ватным матрасом, с целью проведения самостерилизации.

#### Изучение физико-химического состава варенья из боярышника

В соответствии с нормативно-технической документацией (НТД) после 7 месячной выдержки готового варенья в стеклотаре вместимостью 0,5 литров. Готовая продукция хранилась при температуре 18...20<sup>0</sup>С и относительной влажности 80% и определены сухие вещества в каждой партии. Результаты сведены в табл.1.

Таблица 1.

Номера партий	Содержание сухих веществ по рефрактометру, %
1	67
2	66
3	68
4	66
5	66
6	67
7	66
8	66
Итого:	66,5%

Из табл. 1 видно, что содержание сухих веществ в каждой партии изменяется в зависимости от содержания сухих веществ в исходном сырье. Следовательно в готовом продукте сухие вещества практически не изменяются. При приготовлении варенья рекомендуется боярышник с большим содержанием сухих веществ.

Важнейшим показателем консервного производства является определение витамина С, содержание которого не нормируется. Стандартом предусмотрено минимальное содержание аскорбиновой кислоты и определение ее в варенье. Свободная аскорбиновая кислота существует в виде восстановленной – гидроформы и окисленной – дегидроформы, причем обе формы витамина С биологически активны. Дегидроаскорбиновая кислота в организме человека выполняет важнейшие биологические функции. При хранении варенья из боярышника, по экспериментальным данным гидроаскорбиновая кислота

подверглась окислению. Применен потенциометрический метод определения аскорбиновой кислоты, а также определены минеральные вещества, результаты сведены в табл. 2.

**Таблица 2.**

№ партии	Витамин С, мг на 100 г. варенья	Минеральные вещества					
		Na	K	Ca	Mg	P	Fe
1	10,4	13	101	10	3	5	1,1
2	9,8	12	98	9	2,5	4	1,0
3	10,1	13	100	10	3	3	1,0
4	9,9	12	98	9	2,5	3	1,0
5	10,3	13	102	11	3	3	1,0
6	10,4	13	101	10	2,5	3	1,1
7	10,3	13	101	10	2,5	3	1,1
8	9,8	12	98	9	3	4	1,0

Из табл. 2 вытекает, что аскорбиновая кислота изменяется незначительно, содержание минеральных веществ: калия изменяется в пределах 2-3 мл. на 100 гр., кальций и железо остаются постоянными, магний изменяется в пределах 0,5 мл. на 100 гр., фосфор изменяется 2 мл. на 100 гр.

**Таблица 3.**

№ партии	Показатель активной кислотности pH
1	3,4
2	3,3
3	3,3
4	3,3
5	3,2
6	3,3
7	3,3
8	3,3

Из табл. 3 следует, что кислотность в каждом образце находится в пределах pH=3,3...3,4

Результаты проведенных работ и анализ физико-химического состава позволяет создать машинно-аппаратурную схему переработки боярышника на промышленной основе.

### Литература

1. Марх А.Т., Зынина Т.Ф., Голубев В.Н. Технохимконтроль консервного производства. М.: Агропромиздат, 1989 – 304 с.
2. Фан-Юнг А.Ф. и др. Технология консервирования плодов, овощей, мяса и рыбы. М.: Пищевая промышленность, 1980 – 336 с.
3. Рогачева В.И. Справочник технолога плодоовощного консервного производства.- М.: Легкая пищевая промышленность, 1983 – 408 с.

\* \* \* \*

## Комплексное освоение месторождений полезных ископаемых комбинированным открыто-подземным способом

В настоящее время в мировой горнорудной практике способ комбинированной открыто-подземной разработки применяется все шире, так как он позволяет интенсифицировать горные работы, увеличивать производство дефицитной продукции, а в ряде случаев и улучшать использование недр, включая возможность эффективного вовлечения в эксплуатации ранее потерянных руд, а также бедных и забалансовых руд. Правильная взаимоувязка технологических процессов открытых и подземных работ дает возможность получить большой выигрыш как на карьере, так и на подземном руднике. И, наоборот, недостаточный взаимоучет взаимовлияния и недостаточная взаимоувязка усложняют работу и карьера, и рудника (2).

Анализ опыта освоения месторождений комбинированным способом показывает, что освоение месторождений осуществляется на основе отдельных и не взаимосвязанных между собой проектов на открытую и подземную выемку запасов. При этом открытые и подземные горные работы рассматриваются как альтернативные и конкурирующие, и в результате не полностью реализуются преимущества комплексной комбинированной разработки месторождений.

Кроме того, в проектах в основном не решены вопросы специфики освоения переходных зон, расположенных на границах открытых и подземных горных работ, поэтому переход с одной технологии на другую связан с возникновением целого ряда негативных и труднорешаемых проблем. Большая часть этих проблем связана с тем, что применяемые в пределах одного месторождения открытые и подземные технологии рассматриваются как альтернативные и конкурирующие.

Перспективы комбинированной технологии освоения месторождений состоят в создании единого проекта освоения запасов открытыми, подземными, а в ряде случаев физико-химическими способами добычи, технологически взаимосвязанными между собой и оптимизированными по области эффективного применения.

При комбинированной разработке формируются общие схемы вскрытия и подготовки запасов, совместные решения вопросов геомеханики, вентиляции, водоотлива, транспортирования горной массы, охраны окружающей среды.

При этом особое место занимают вопросы оптимизации качества объединенного с открытыми и подземными горными работ рудопотока, повышения полноты и качества освоения недр.

Необходимость комплексного подхода к освоению всех запасов того или иного месторождения возникает и в связи с тем, что вопрос о времени перехода от открытого способа разработки к подземному необходимо увязывать не с периодом достижения карьером предельной глубины его разработки, а с периодом снижения мощностей открытых горных работ. К этому времени уже необходимо осуществить ввод стабилизирующей мощности за счет подземных горных работ, что позволяет повысить экономическую эффективность доработки глубоких горизонтов карьера, а заложенная на весь период комбинированной разработки единая схема вскрытия обеспечивает возможность эффективного функционирования каждого из способов в усложняющихся условиях эксплуатации месторождений.

Активное использование существующих выработок карьера и подземного рудника, вовлечение в отработку бедных отвалных и забалансовых руд позволяет существенно повысить экономические показатели разработки.

При проектировании отдельных этапов комбинированной разработки главной целью должна быть не эффективное использование запасов открытым и подземным способами, а создание благоприятных условий перехода на другие способы разработки с тем, чтобы совокупный доход от освоения месторождения комбинированным способом был максимальным.

Такая реальная возможность имеется при проектировании комбинированной технологии в рамках комплексного освоения, в котором предусмотрено на отдельных и достаточно больших участках месторождения (в переходных зонах) использование технологического оборудования и специфических процессов, альтернативных способов для качественного улучшения показателей применения базовых (открытых или подземных) технологий.

Наличие в прикарьерном массиве развитой сети подземных горных выработок позволяет использовать технологии анкерного крепления участков массива борта карьера перед постановкой его в предельное положение, создавать отрезные щели с формированием крутых откосов, использовать воронки обрушения в качестве ловушек осыпающихся с крутых откосов кусков породы, формировать на границе открытых и подземных работ искусственные массивы с заданными механическими характеристиками.

Перспективным является также использование подземных технологий с взрывной доставкой рудной массы к экскаваторным забоям, применение подземных транспортных выработок для перемещения рудной массы с нижних горизонтов карьера.

Подобное использование подземных технологий за счет увеличения угла откосов бортов карьера в предельном положении обеспечивает значительное снижение объемов вскрышных и отвальных работ и, следовательно, способствует решению экологических проблем и повышению интенсивности и эффективности открытых технологий.

Открытые горные работы при целенаправленном проектном решении вопросов создания благоприятных условий для последующего развития подземной добычи формируют рабочие площадки, обеспечивающие эффективное применение открыто-подземных технологий, да и сам карьер, который, по сути, является большой вскрывающей выработкой и может служить для осуществления подготовительно-нарезных и очистных работ за контуром карьерной выемки.

Карьерное пространство может быть использовано для вентиляции и водоотлива подземного рудника, а карьерная вскрыша применяться при производстве закладочных работ в шахте.

Сформированное в карьере породное перекрытие создает благоприятные условия выпуска обрушенной руды при системах разработки с обрушением.

Специфика расположения приконтурных запасов в случае разработки единого комплексного проекта освоения месторождения определяет возможность отработки достаточно большой части открыто-подземными системами разработки, осуществляемыми на выемочном участке безуступной технологией очистных работ, основанной на рациональном сочетании технологических процессов различных способов выемки.

Использование технологических преимуществ каждого способа: открытого - высокая производительность бурового и погрузочно-доставочного оборудования и подземного - малогабаритность и высокая маневренность самоходной техники, отсутствие вскрышных работ с обеспечением устойчивости массива путем применения различных способов управления горным давлением, позволяет достичь более высоких показателей освоения запасов.

Еще одна особенность проектирования работ в приконтурной зоне состоит в необходимости комплексного решения таких проблем, как управление состоянием подрабатываемых бортов карьера, изоляция подземных выработок, организация совмещения горных работ в контурах карьера и за его пределами.

Рациональное использование выработанного пространства для технологических нужд открытого и подземного рудника и в интересах улучшения экологической обстановки является одним из условий эффективного освоения месторождений комбинированным способом.

Различная последовательность сочетаний открытых и подземных работ, внутреннее отвалообразование, применение систем разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими и сыпучими составами, использование для приготовления закладочных смесей пород вскрыши позволяет сократить объемы отвалов и существенно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, а также повысить полноту и качество освоения запасов ценных руд.

Такие меры позволяют существенно сократить капитальные и эксплуатационные затраты, обеспечить плановое возмещение выбывающих мощностей, повысить полноту и комплексность освоения недр. Наличие общей для открытого и подземного рудника инфраструктуры, транспортных коммуникаций также способствует повышению эффективности и интенсивности горных работ.

В рамках комплексного проекта на отдельных и достаточно больших участках месторождения (в переходных зонах) обеспечивается технологическое взаимодействие карьера и подземного рудника, элементов открытых и подземных технологий с формированием единой горнотехнической системы.

Известно, что переход на подземные работы может происходить без образования и с образованием единого выработанного пространства в переходной зоне. В первом случае работы ведутся без оставления барьерного целика в основании и в бортах карьера - буровые работы ведутся из карьерного пространства и из подземных выработок, погрузка и транспорт руды осуществляются через шахту. При этом могут применяться системы разработки, как с поддержанием очистного пространства, так и с обрушением. Достоинством этого варианта является возможность размещения в выработанном пространстве карьера вскрышных пород.

Во втором случае либо оставляется естественный целик-потолочина, обрушаемый после завершения работ в карьере, либо формируется искусственный подкарьерный целик из закладочного материала.

Преимуществом данной схемы является возможность раннего развития работ в переходной зоне параллельно с производством открытых работ на верхних горизонтах, что позволяет обеспечить поддержание, а в ряде случаев и наращивание производственной мощности рудника, а также решить вопросы вентиляции и водоотлива.

Такой подход к проектированию комбинированной разработки предполагает размещение основных вскрывающих выработок с учетом перспективы развития горных работ в карьере и на подземном руднике и последующего функционирования их на всех этапах разработки.

При этом карьерный съезд и сам карьер рассматриваются как вскрывающие выработки для шахтных запасов.

В свою очередь вскрывающие подземные выработки используются не только для освоения запасов подземных горизонтов, но и для вскрытия глубоких горизонтов карьера.

Очевидно, что применение общей схемы вскрытия в едином плане горных работ на весь период освоения запасов месторождения позволит существенно снизить капитальные и эксплуатационные затраты, избежать негативных последствий переходного периода с одного вида горных работ на другой при рассмотрении их в отдельных проектах и расширит область эффективного применения комбинированных технологий.

Разработанные с учетом особенностей комбинированной разработки технологические схемы выемки запасов переходных зон, основанные на синтезе производственных процессов открытых и подземных способов разработки

предусматривают различные способы контроля и управления состоянием массива и позволяют обрабатывать запасы практически в любых горно-геологических условиях, обеспечивая высокую полноту освоения недр и использование выемочных пространств действующих рудников. При этом выбор технологической схемы определяется механическими характеристиками и устойчивостью массивов руды и вмещающих пород и геомеханической обстановкой на месторождении (1).

Принятие технологических решений по выемке запасов переходных зон характеризуется высокой степенью риска и должно сопровождаться геомеханическими расчетами с повышенной степенью ответственности, определяемой небольшим резервом коэффициента запаса устойчивости прикарьерного массива на период завершения открытых горных работ.

Многообразие технологических схем освоения запасов комбинированной технологией характеризуется различным уровнем риска. Поэтому выбор предпочтительного варианта должен сопровождаться экономической оценкой

Реализация принципов комплексного освоения месторождений возможна на основе системного подхода к проектированию, при котором каждая из проектных задач рассматривается как элемент единой технологической схемы освоения месторождения.

Эффективность частных проектных решений должна оцениваться с позиций обеспечения максимальной эффективности всей технологической схемы.

Таким образом, традиционная методология проектирования предполагает последовательное и в значительной степени обособленное решение основных проектных задач. В отличие от традиционной методологии при комплексном освоении месторождений методы проектирования предусматривают системное обоснование технологической схемы обработки на каждом этапе на основе исследования взаимосвязи проектных задач и оптимизации комплексной схемы вскрытия, подготовки, технологии, направления и порядка очистной выемки на различных этапах освоения месторождения.

В работе (1) изложены принципы конструирования горнотехнических систем при комбинированной разработке:

- наличие на стадии проектирования стратегии комплексного освоения месторождения в целом с определением последовательности воспроизводства выбывающих мощностей и границ рационального применения технологий;
- создание благоприятных условий перехода от одной технологии к другой;
- использование существующих выработок, поверхностных комплексов и транспортных коммуникаций карьера;
- применение в схемах вскрытия шахтных запасов выработанного карьерного пространства;
- использование в общей схеме транспортирования рудного потока вертикальных и наклонных подземных транспортных выработок;
- применение при очистной выемке комбинированных технологий на базе карьерного и подземного бурового, погрузочного и транспортного оборудования;
- рациональное сочетание технологических процессов различных способов разработки;
- использование образующегося единого выработанного пространства и зон обрушения для размещения вскрышных пород и отходов обогащения.

Комплексное освоения запасов месторождения в рамках единого проекта позволяет создать режим экономического и технического благоприятствования различных технологий добычи на всех этапах разработки, сократить и рационально распределить по этапам разработки капитальные затраты на освоение месторождения, снизить себестоимость добычных работ за счет оптимального сочетания технологических

процессов открытых и подземных работ при выемке запасов переходных зон, а также экономического обоснования эффективной глубины производства горных работ на каждом этапе разработки, обеспечить плавный переход от открытого к подземному способу без разрыва в добыче руды; сократить ареал экологического воздействия на окружающую среду.

Таким образом, при комплексном освоении месторождений комбинированным способом методы проектирования должны предусматривать системное обоснование технологической схемы отработки на каждом этапе комплексного освоения месторождения различными технологиями на основе исследования их взаимосвязи и совместного участия в формировании уровня количественных, качественных и экономических показателей добычи.

### Литература

1. Рыльникова М., Проектирование горнотехнических систем. Промышленность Казахстана, 4(25), 08. 2004г.
2. Кожогулов К.Ч., Усенов К.Ж., Алибаев А.П. Геомеханические основы и технология при комбинированной разработке крутопадающих месторождений. Бишкек, 1999.

\* \* \* \*

Алибаев А.П.

### Способы отработки днищ карьеров при комбинированной разработке рудных месторождений

Развитие горнодобывающей промышленности базируется на преимущественном росте добычи полезных ископаемых открытым способом и обеспечивается главным образом за счет ввода в эксплуатацию новых месторождений и интенсификации добычи на действующих предприятиях. Возрастающие объемы горных работ, выполняемых открытым способом, ухудшение горно-геологических условий и увеличение глубины карьеров требуют особого внимания к обеспечению длительной устойчивости карьерных откосов, параметры которых в значительной мере определяют экономичность отработки месторождения.

Применяемые в настоящее время на карьерах мощное горное оборудование и технология добычи позволяют вести открытые горные работы на больших глубинах. Однако в практике отработки крутопадающих месторождений возникли серьезные трудности. На большинстве глубоких карьерах с достижением определенных глубин наблюдаются резкое увеличение объемов вскрыши и затрат на транспортирование, возрастает себестоимость добычи.

Более того, если разработка технологии открытых горных работ ведется без учета устойчивости бортов карьеров, то это приводит к неоправданным дополнительным расходам. Эта проблема в недалеком будущем будет еще актуальнее из-за перехода на глубокие горизонты.

Для крутопадающих месторождений характерно применение последовательной открыто-подземной разработки. Верхняя часть залежи разрабатывается открытым способом, а нижняя часть – подземным. Особенностью последовательной открыто-подземной разработки является наличие переходного этапа (периода) разработки, когда осуществляется переход от открытых горных работ к подземным.

Во времени открыто-подземная разработка месторождений может быть одновременной и последовательной.

При одновременной разработке горные работы ведутся параллельно с соблюдением всех мер по обеспечению безопасного ведения работ в карьере и в подземном руднике.

При последовательной открыто-подземной отработке месторождений горные работы в карьере ведутся до начала или после завершения подземных горных работ. В первом случае достигается ускорение ввода в эксплуатацию месторождений до окончания вскрытия и подготовки ее части, обрабатываемой подземным способом. Во втором случае ведение открытых горных работ после завершения подземного способа отработки месторождения обеспечивает снижение потерь полезного ископаемого недр, недоразведанных или не извлеченных при подземной отработке месторождений (например, рудник Центральный Хрустальненского ГОКа, Хайдарканское месторождение и др.).

Практика работы рудников показывает, что запасы руд под дном карьера, как правило, отрабатывают блоками. Длина блоков определяется размерами рудного тела и рациональным расстоянием доставки руды при принятом погрузочно-доставочном оборудовании.

Лебяжинское железорудное месторождение, представленное двумя рудными поясами - Восточным и Западным, имеет протяженность 1500м мощность рудных тел 6-50м, падение восточное под углом 50-75 град Глубина залегания 500м. Коэффициент крепости руды 8-12, вмещающих пород 6-14.

Месторождение начали разрабатывать в 1941-1942гг. небольшими карьерами. Предельная глубина карьеров колебалась от 30 до 120м.

Подземный рудник эксплуатируется с 1952 года. Продолжительность переходного периода составила 9-10 лет. На подземных работах применяются системы подэтажного и этажного принудительного обрушения.

При отработке блоков в днище карьера потолочина разбуривалась ударно - канатными станками из карьера.

Карьерное и шахтное поля вскрыты независимо друг от друга.

Абаканское железорудное месторождение расположено в гористом районе на расстоянии 169 км от города Абакан. Месторождение представлено несколькими рудными телами протяженностью 1200м, вытянутыми примерно в широтном направлении. Мощность рудных тел на верхних горизонтах достигает 140м, с глубиной уменьшается до 20м, угол падения 70-90град.

С 1957 года месторождение отрабатывается карьером. Высота уступа 12м. Размеры карьера: длина 1180м, ширина 350м, глубина с учетом нагорной части 200м, без учета - 45м.

Подземные горные работы начаты в 1960-1962гг. Системы разработки: этажно-камерная, этажное принудительное обрушение. Отработка дна карьера при комбинированной разработке велась камерными системами с временным оставлением прочных опорных целиков. Высота этажа 80м.

Куржункульское железорудное месторождение в Кустанайской области запроектировано к отработке комбинированным способом с частичным совмещением горных работ в период доработки карьера.

Карьерное поле вскрывается общими внутренними съездами со спиральной формой трассы и руководящим уклоном карьерных автодорог 7град. Нижняя часть рудной зоны, отрабатываемая шахтой, вскрывается тремя вертикальными стволами, расположенными на фланге месторождения. Для отработки днища карьера были приняты системы этажного принудительного обрушения и подэтажного обрушения. Высота этажа 60м.

Рудник «Шабанье» (Ботсвана) разрабатывает месторождение хризотила, представленное изолированными рудными телами, залегающими в серпентизированном дуните, над которыми располагаются только карбонатные сланцы. После завершения работ в карьере приступили к подземной доработке запасов руд под дном карьера горизонтальными слоями с твердеющей закладкой выработанного пространства. Однако экономические показатели этой системы оказались неудовлетворительными, поэтому был внедрен вариант поэтажного обрушения. Одной из проблем является поддержание поэтажных выработок в условиях слабых руд. Применяются различные виды крепи: металлическая арочная, анкерная, бетонная и набрызгбетонная.

Несмотря на ряд преимуществ системы поэтажного обрушения, удельный вес ее применения на руднике «Шабанье» будет сокращаться по мере отработки запасов, подготовленных для этой системы разработки. Намечается отработка днища карьера системой поэтажных штреков с последующей закладкой камер, а в неустойчивых рудах - системой этажного обрушения [1].

Рудник «Табазимби» (ЮАР) [2] разрабатывает открытым и подземным способами железорудные залежи общей протяженностью 4500м. Карьером отрабатывается 56% руды. Длина современного карьерного поля 1500м, ширина 300м. В дальнейшем его ширина по дну уменьшится до 30м. Затем начнется подземная разработка запасов непосредственно со дна обрушения. Днище карьера отрабатывается системой поэтажного обрушения. Основные горизонты пройдены через 10м по вертикали и оборудованы для рельсовой откатки в вагонетках вместимостью по 20т. Предусмотрен торцевой выпуск руды с использованием погрузочно-доставочного оборудования с емкостью ковша по 4м<sup>3</sup>. Высота поэтажа принята 10,7м. Руду отбивают веерными комплектами скважин по обычной схеме. Рудоспуски проходят не более чем через 300м, расстояние доставки не превышает 150м.

Канадские асбестовые месторождения (Кинг и Джонсон) отрабатывались до гор. 90м. открытым способом. Для дальнейшего расширения открытых работ потребовался большой разнос довольно крутых бортов карьера, что было признано в то время экономически невыгодными. Указанное обстоятельство заставило осуществить переход на подземную разработку месторождений системами с обрушением. Перед переходом на подземные работы дно карьеров было засыпано хвостами обогатительной фабрики для создания дополнительных опорных плоскостей со стороны бортов карьеров, предохранение подземных работ от атмосферных осадков и облегчения перехода к системам с обрушением.

Месторождение Кируновара (Швеция) с углами падения 55-65 град, более 60лет разрабатывалось открытым способом до глубины 230м. Длина карьера более 300м, а ширина 390м. По достижении конечной глубины были начаты подготовительные работы для отработки днища карьера. В качестве основной была принята система разработки поэтажного обрушения. Высота поэтажа -12-15м, отбойку руды ведут веерными скважинами с углом наклона плоскости веера 100 град, в сторону выработанного пространства. Толщина отбиваемого слоя руды 1,6 - 1,8м [3].

Рудник «Камото» (Конго). Рудная залежь «Камото» состоит из двух сближенных тел, разделенных прослойкой кремнистого доломита четвертичного периода мощностью 14м. Каждое рудное тело имеет мощность 12м, угол падения 25-90град. Ниже гор.-375м рудное тело выполаживается. Верхняя часть месторождения отрабатана открытым способом с конечной глубиной карьера 168м. При разработке днища карьера применены две системы: поэтажных штреков - на участках с вертикальным или крутым падением - камерно-столбовая с последующим извлечением целиков и заполнением выработанного пространства гидрозакладкой - на участках залегающих горизонтально.

Рудник «Экстел Майнинг» (Канада). До 1976 г. вся продукция медно-серебряно-свинцово-цинкового предприятия добывалась открытым способом. В последнее время основная масса руды для обогатительной фабрики поступает из подземных выработок. Доступ к подземным выработкам осуществляется по единственному вертикальному стволу и спиральному съезду, пройденному из карьера. Шахтный ствол глубиной 1500 м пройден в лежачем боку рудного тела в 122 м от рабочего борта карьера. Очистная выемка дна карьера осуществляется системой с поэтажным обрушением.

Намечено обрабатывать оставленную под дном карьера потолочину горизонтальными слоями твердеющей закладкой. Руда транспортировалась по наклонному съезду, пройденному непосредственно из карьера.

Минерализованная зона рудника «Принс Лайэл» (Австралия) является главным рудным телом, которое представляет собой ряд параллельных линз с богатым содержанием меди, между которыми находятся породы с низким содержанием попутного компонента. Рудное тело простирается на 360 м со средней мощностью 61 м, угол падения составляет 70-80 град.

Для отработки рудного тела применяли систему с поэтажной выемкой с открытым очистным пространством и поэтажного обрушения. Эти системы пригодны для использования механизированного оборудования и поэтому рудник был спроектирован с расчетом использования безрельсового дизельного оборудования во всем производственном цикле.

В качестве основной приняли систему поэтажного обрушения, при которой извлекается все рудное тело, следовательно, исключается проблема выемки целиков; для поддержания на должном уровне темпов добычи требуется меньше подготовительных работ; общая производительность отработки рудного тела таких размеров выше, чем в случае применения с открытым очистным пространством с поэтажной выемкой. Система позволяет осуществлять контроль, как за условиями извлечения полезного ископаемого, так и за качеством руды.

Систему с поэтажной выемкой с открытым очистным пространством применяли для отработки днища карьера. Эта технология обеспечивала возможность проводить подготовительные выработки непосредственно из карьера, уменьшая вероятность повреждения подземных горных выработок от взрывов в карьере.

После доработки подкарьерных запасов руд камерами с поэтажной выемкой было решено применить на нижних горизонтах систему поэтажного обрушения с торцевым выпуском руды.

Таким образом, краткий анализ способов отработки днища карьеров показал, что в последнее время на ряде рудниках наметилась тенденция после полного завершения открытых горных работ применить систему поэтажного обрушения для отработки залежей полезного ископаемого под дном карьера. Система поэтажного обрушения получила широкое распространение при разработке рудных месторождений СНГ, Швеции, США и других стран с развитой горнодобывающей промышленностью. Она применяется в самых различных горно-геологических условиях и имеет чрезвычайно большое многообразие вариантов и модификаций. Из них выделяется две группы ее вариантов: с донным выпуском руды; с торцевым выпуском руды.

Основные направления развития системы поэтажного обрушения с торцевым выпуском руды обоснованы академиком Агошковым М.И.

В нашей республике значительный вклад в разработку ее эффективных вариантов внесли Н.В. Дронов, О.А. Яковлев, М.А. Яковлев, А.В. Ярков, В.А. Кучкин и др.

На основе выполненных ими исследований решались также вопросы повышения гибкости технологии при изменчивых параметрах оруденения, применения гибкого

разделяющего перекрытия при системе подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды.

Характерной особенностью применения системы подэтажного обрушения под дном карьера является частичное обрушение бортов карьера. В ряде случаев для повышения эффективности подэтажного обрушения на дно карьера складировались пустые породы крупнокусковой фракции. Преимуществами системы подэтажного обрушения являются стандартные способы подготовки рудных тел к отработке и бурения глубоких скважин, что позволяет механизировать эти виды работ. Система также отличается большой гибкостью и позволяет вести в случае необходимости селективную выемку руды. Кроме того, при применении системы подэтажного обрушения обеспечивается высокая степень безопасности, так как работы ведутся в подэтажных выработках небольшой площади сечения, на поддержание которых не требуется больших затрат. К недостаткам системы следует отнести высокие потери и разубоживание руды и трудности при проветривании подэтажных выработок.

Отработка дна карьера системой подэтажного обрушения приводит к частичному обрушению бортов карьеров, что недопустимо в случае необходимости сохранения устойчивости бортов в связи с нахождением на них различных производственных зданий и сооружений, шахтных стволов и штолен.

В практике отработки месторождений цветных металлов также довольно часто применяется одновременное ведение открытых и подэтажных работ, совмещенных в одной вертикальной плоскости, что технически возможно при использовании камерных систем с твердеющей закладкой.

При открытых и подземных работах под дном карьера применение твердеющей закладки необходима на тех участках шахтного поля, где это диктуется условиями безопасности горных работ, особенно на верхних горизонтах. Важно не допускать перепуска обрушенных пород, заполняющих отработанные пространства вышележащих залежей на нижележащие залежи, если разработка их велась с обрушением покрывающих пород. Целесообразно создание с этой целью барьерных целиков на глубоких нижележащих горизонтах при наличии включений пустых пород значительных размеров и заполнения твердеющей закладкой промежутков между ними. Однако применение твердеющей закладки не всегда экономически оправдано.

Необходимо отметить, что нормальное функционирование современного карьера обуславливается не только рациональным выбором параметров бортов и уступов, при которых обеспечивается их устойчивость до окончания работ в карьере, но и правильным выбором схемы вскрытия, системы разработки, порядка и направления отработки днищ карьеров и схемы комплексной механизации горных работ.

В связи с этим нами в целях обеспечения безопасной и эффективной отработки днищ карьеров предложен следующий порядок выемки, заключающийся в том, что выемка запасов полезных ископаемых, залегающих в днище карьера, осуществляется панелями в направлении действия главных напряжений [4]. Если месторождение вытянутое и имеет мощность, позволяющую разместить несколько панелей, то очистная выемка должна вестись от центра к флангам. Такой порядок ведения горных работ позволяет повысить устойчивость откосов бортов карьеров и обеспечить безопасность работ в условиях комбинированной открыто-подземной разработки.

#### Литература

1. Me Murray D.T Sub-level caving practice at Shabanie mine, Rhodesia. Trans. Inst. Mining and Met., 1976, A 85, Oct., pp.136-143.
2. Hoven H.I. Rock handling with LNB mashines at Thabazimbi iron ore mine. – S. Air. Mining And. I., 1979, v, 90, N 4154, pp. 53-65.

3. Ованесов А.С., Красный Е.С. Технология, организация, управление процессом добычи железных руд на Шведском руднике «Кируна». – Черная металлургия, Бюл. ин-та Черметинформация, 1981, №5, с.3-14
4. Кожоголов К.Ч., Усенов К.Ж., Алибаев А.П. Геомеханические основы и технология при комбинированной разработке крутопадающих месторождений. Бишкек, 1999.

\* \* \* \*

**Белеков Т.Э.,  
Паязова Ж.Н.,  
Ташиев З.К.,  
Алиев М.К.**

### **Оценка действия вибрации на человека и анализ причин возникновения вибрации в ручных ударных инструментах с механизмом переменной структуры**

Специалистами инженерной академии Кыргызской Республики и лаборатории ТММ института машиноведения НАН КР созданы оригинальные конструкции ручных ударных инструментов с механизмом переменной структуры (МПС).

Принципы построения МПС, конструктивные решения основных узлов и методы их расчета приведены в работе [1]. Возможность использования шарнирно-четырёхзвенного механизма в качестве ударного реализованы в конструкции перфоратора с ручным приводом [2]. Ручные ударные инструменты с шарнирно – четырёхзвенным ударным МПС отличаются от электромеханических, гидравлических, пневматических, и механических ударных инструментов надёжностью, простотой конструкции ударного узла.

Ручные ударные инструменты с МПС, т.е. у которых в качестве привода используется универсальные коллекторные двигатели, асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором малой мощности получают все большее распространение.

Однако эти инструменты отличаются высоким уровнем вибрации корпуса, что отрицательно сказывается на их надёжности, при чем у этих ручных инструментов с МПС уровень вибрации существенно превышает санитарные нормы. Причинами вибрации этих инструментов являются наличие передаточного механизма, соударение элементов рабочего органа, несовпадение центров масс коромысла – бойка и корпуса и другие.

Анализ причин возникновения вибрации ручных ударных инструментов показывает, что они вызываются многими факторами. Поэтому определение величин и характера всех воздействий на инструмент во время проектирования практически невозможно, а значит, невозможно гарантировать требуемые динамические характеристики спроектированного изделия. Следовательно, после изготовления необходимо доводка изделия по уровню вибраций, а это – трудоёмкий и технологически сложный процесс, требующий высококвалифицированных кадров, специальной аппаратуры и оборудования, не всегда имеющихся на заводе - изготовителе.

В процессе эксплуатации параметры ударного механизма могут изменяться, например, в результате износа, изменения режима или условий работы. В этом случае возникают повышенные уровни вибрации, несмотря на то, что ранее динамические характеристики объекта или изделия были вполне удовлетворительными. Все эти обстоятельства приводят к необходимости создания специальных средств виброзащиты, способных обеспечивать качественную и надёжную работу инструмента в различных режимах их эксплуатации. Подобные устройства должны включаться в состав инструмента

на стадии его проектирования. Это позволит избавиться от больших затрат времени и средств на доводку инструмента и обеспечить их нормальную эксплуатацию.

Попытки применить для корпуса этих инструментов с целью снижения его вибрации различного виброизолирующие прокладки дают незначительный эффект.

В связи с требованием наибольшего облегчения ручного инструмента оказывается невозможным и таких традиционных высокоэффективных методов снижения вибрации, как применения, использование антифазно колеблющихся рабочих органов, а также применение различного рода специальных уравнивающих и компенсирующих механизмов.

Вибрации машин и механизмов понижают производительность труда и в некоторых случаях создают угрозу здоровью и безопасности человека. В связи с этим разработано не мало методов оценки интенсивности вибрационного воздействия и определения допустимых пределов этого воздействия на человека, связанных с точными измерениями параметров перемещения, скорости, ускорения и резкости.

Защита от вредного воздействия вибраций представляет собой совокупность методов и средств для уменьшения уровня вибраций, передаваемых телу человека. В оценке эффективности вибрационной защиты важную роль играет точность и единство измерений.

Исследования ведущих гигиенистов по оценке различных типов ручных ударных инструментов подробно описаны в работах [3,4].

В борьбе с вибрационной болезнью, занимающей одной из первых мест в структуре профессиональных заболеваний, большое внимание уделяется разработке и внедрению в промышленность ручных машин с улучшенными вибрационно – силовыми параметрами. Поскольку на инструмент могут действовать одновременно несколько возмущений, различных по характеру, реакция на них отдельных элементов и узлов объекта в виде результирующих ускорений или перемещений носит случайный характер. Ударные МПС, содержащие неуравновешенные вращающиеся массы, создают в процессе работы возмущающие усилия с частотой, равной или кратной частоте вращения вала приводного двигателя. В качестве привода этих инструментов используют электрические двигатели, механические характеристики которых не являются абсолютно жесткими. Поэтому даже без учета возможности регулирования привода частота его вращения будет изменяться в зависимости от нагрузки, причем для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором это изменение может составлять 5%. Кроме того, дополнительное изменение частоты вращения привода может происходить из-за колебаний напряжения и частоты их питания.

Классификация виброзащитных систем подробно описано в работах [5,6]. Согласно этих работ динамические вибропоглотители считаются одним из наиболее эффективных пассивных виброзащитных средств, способных подавлять установившиеся вынужденные колебания механизмов и конструкций при моногармоническом возмущении. В вышеуказанных работах обоснована эффективность использования динамических виброгасителей для улучшения динамических ударных воздействий характеристик объектов при ударных воздействиях.

Динамический виброгаситель в простейшем исполнении представляет собой массу на пружине, с помощью которой он крепится к объекту защиты. Основным свойством динамических гасителей является способность создавать силу реакции, приложенную в сторону, противоположенную внешней возбуждающей силе, действующей на объект. Некоторые типы динамических гасителей колебаний подробно описаны в работе [6].

Для оценки соответствия требований стандартов безопасности труда, необходимо проведение измерений вибрационных характеристик ручных ударных инструментов с

МПС. С этой целью разработаны методика измерений и обработки результатов измерения уровней вибрации этих машин [7].

### Литература

1. Абдраимов С., Невенчанная Т.О. Построение механизмов переменной структуры, исследование их динамики. Фрунзе: Илим, 1990.
2. Абдраимов С., Джуматаев М.С. Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры. Бишкек: Илим, 1993.
3. Басова Т. Т. Гигиеническое исследование допустимых виброционно - силовых нагрузок на оператора при работе ручными машинами ударного действия. Автореферат дисс. на соиск. уч. степени канд. мед. наук. Кемерово, 1975.
4. Беневоленская Н.П. Гигиеническая оценка машин с импульсными воздействиями на организм человека. Автореферат дисс. на соиск. уч. степени докт. мед. наук. Ленинград, 1972.
5. Елисеев С. В. Структурная теория виброзащитных систем. Новосибирск: Наука, 1982.
6. Елисеев С.В., Нерубенко Р. П. Динамические гасители колебаний. Новосибирск: Наука, 1982.
7. Каримов А., Кошбаев А.А., Белеков Т.Э. Методика экспериментальных исследований вибрации ручных ударных машин с механизмом переменной структуры. Материалы региональной научно- практической конференции молодых ученых:» Университетская наука и новая информационная технология». Вестник ЖАГУ, Жалалабат – Кербен, 2003.

\* \* \* \*

Исманбаев А.И.,  
Осмоналиев Н.А.

## Зависимость пылеулавливания частиц от их диаметра и геометрических параметров установки

### Экспериментальное исследование эффективности пылеулавливания в зависимости от диаметра частиц

При центробежном осаждении частиц эффективность пылеулавливания под действием центробежной силы определяется в общем виде:

$$\eta_{\omega} = f(d_1; st_k), \quad (1)$$

где  $d_1$  - диаметр частиц, мкм;  $st_k$  - число Стокса.

Некоторые исследователи считают, что при центробежном осаждении частиц помимо центробежных сил на частицу оказывает влияние и гравитационные [1]. Поэтому, согласно теории приближенного моделирования, разработанной Коузовым, эффективность центробежного пылеулавливания определяется при равных гидродинамических условиях не только критерием  $st_k$  (Стокса), но и критерием  $Fr$  (Фрудо), хотя влияние последнего невелико. В этом случае:

$$\eta_{\omega} = f(d_1; st_k; Fr). \quad (2)$$

В работах [2, 3] на основании экспериментальных исследований прямоточных циклонов различного типа показано, что в автомоделном режиме эффективное о очистки установки определяется исключительно критерием Стокса ( $st_k$ ).

В нашем случае будем считать, что пылеулавливающая установка работает в автомоделном режиме (распределение потока газа по всей поверхности равномерно), и эффективность в этом случае определяется по формуле:

$$\eta_{\omega} = St_2 = \frac{d_{\Sigma}^2 \rho_4 v_{ГСП}}{18 \mu_r B_{II}} \quad (3)$$

где  $v_{ГСП}$  - средняя скорость парогазовой смеси на входе пылеулавливающую установку, м/с;  $\mu_r$  - динамическая вязкость смеси, Па (с;  $d_{\Sigma}$  - эквивалентный диаметр частицы ( $d_{\Sigma} = x d_4$ ,  $x=5$  - динамический коэффициент формы;  $d_4$  - диаметр частицы), м; ( $\rho_4$  - плотность частицы, кг/м<sup>3</sup>;  $B_{II}$  - диаметр внутренней части пылеулавливающей установки, м.

Будем полагать, что при всех равных значениях параметров парогазовой смеси в пылеулавливающей установке изменяются только значения диаметра ( $d_4$ ) частиц.

Известны следующие параметры: ( $\rho_4=2200$  кг/м<sup>3</sup>;  $\mu_r=23$ )  $10^{-6}$ , Па (с;

$B_{II}=300$  мм = 0,3 м)  $v_{ГСП}=12$  м/с;  $m_4^0 = 2$  кг;  $d_4=1; 2; 3; 4; 5; 6; 7$  мкм.

Экспериментальное исследование эффективности пылеулавливания в зависимости от диаметра частиц проводилось на экспериментальной установке (рис.1), работающей следующим образом. Технический кремний ( $d_4=1; 2; 3; 4; 5; 6; 7$  мкм) разной фракции загружается в реактор 2, где в средней части расположен ТЭН, за счет чего температура в реакторе достигает 300... 350 С. При достижении достаточного значения температуры в реакторе через компрессор будет подаваться очищенный газ, отобранный после рукавного фильтра со скоростным напором ( $v_{ГСП}= 12$  м/с), созданным компрессором 1. При этом в реакторе создается кипящий (псевдооживленный) слой. После чего при достижении в реакторе скорости парогазовой смеси, скорости уноса поток парогазовой смеси уносится в сторону камеры пылеулавливающей установки 3. В пылеулавливающей установке происходит разделение на соответствующие компоненты, т.е. на частицы и газ. Очищенные от газа частицы кремния выводятся через выхлопные трубы и отправляются на дальнейшее использование, а частицы, осевшие за счет центробежной силы, через нижнее отверстие выгружаются в специальную емкость и отправляются на утилизацию с дальнейшим выбросом в атмосферу.

Внутренняя часть пылеулавливающей установки обшивается белой бумагой, смазывается специальной смазкой (техническим вазелином) и разбивается на равные по высоте расстояния. При этом парогазовая смесь в пылеулавливающую установку подводится через коническую часть вторичный поток  $G_2=0,3G$ ) через торцовую часть тангенциально (первичный поток  $G_1=0,7G$ ). После эксперимента бумага снимается, производится измерение, и полученные значения записываются в табл. 1.

Теоретические расчеты эффективности рассчитываются по (3) экспериментальное значение эффективности определяется как отношение массы частиц после осаждения к массе загруженных в реактор частиц. Все полученные значения парогазовой смеси записываются в табл. 1.

Таблица 1.

Параметры парогазовой смеси в пылеулавливающей установке

$d_4$ , мкм	1	2	3	4	5	7
$\eta_{\omega}$	0,42	0,60	0,68	0,82	0,91	0,98
$l_1$	523,2	446,9	441,4	332,4	310,1.	245,3
$l_2$	386,9	348,8	277,9	261,6	245,6	152,6
$m_4$	1,40	1,48	1,52	1,69	1,84	1,91
$\eta_{\Sigma}$	0,70	0,74	0,77	0,85	0,92	0,96

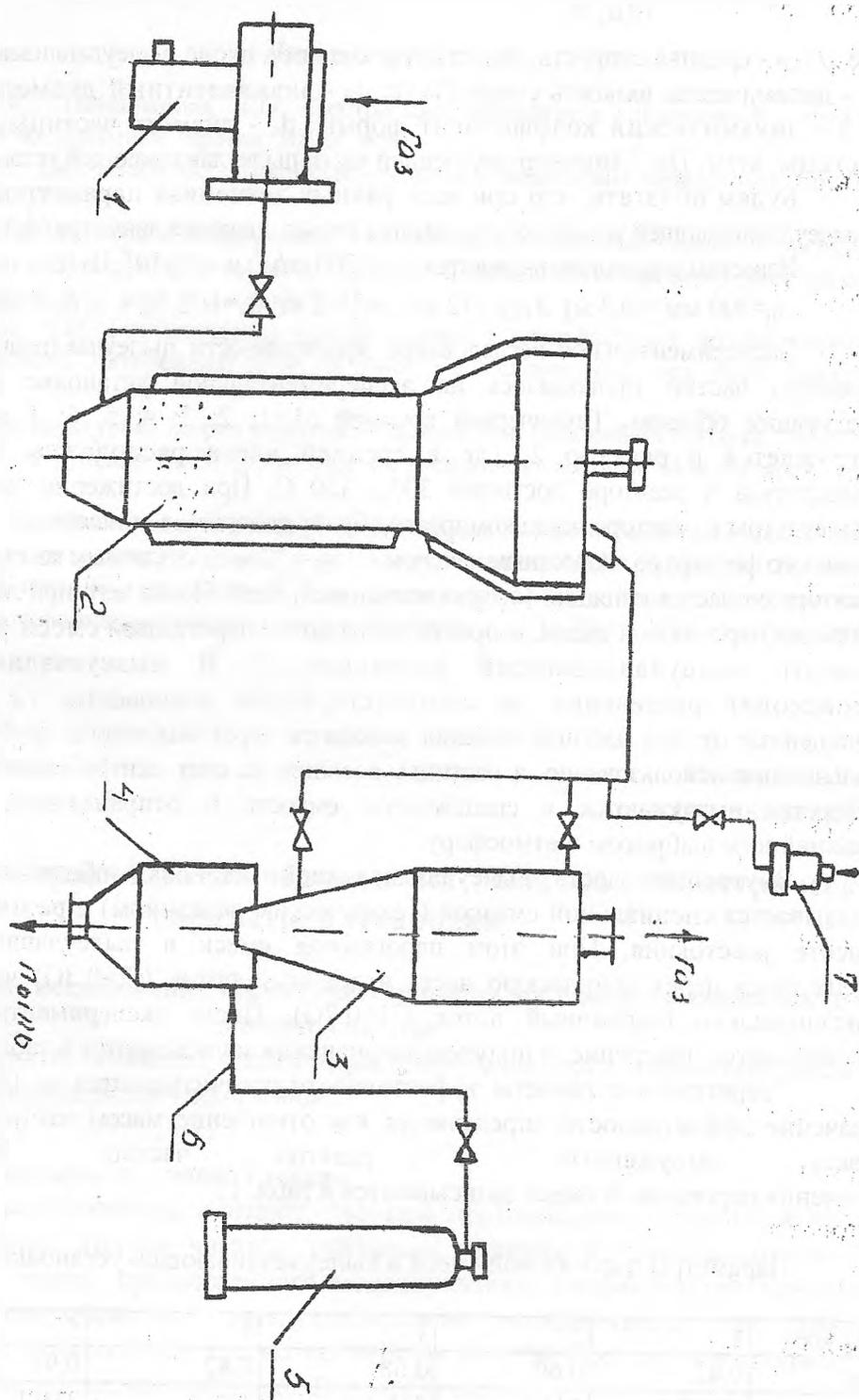


Рис.1. Экспериментальная установка синтеза и сухой очистки парогазовой смеси: 1 - компрессор; 2 - реактор; 3 - пылеулавливающая установка; 4 - бункер; 5 - баллон с азотом; 6 - арматура; 7 - дозатор.

Из рис. 2. видно, что эффективность очистки пылеулавливающей установки в зависимости от диаметра частиц ( $d_p$ ) изменяется согласно квадратичному закону, т.е. увеличение диаметра частицы приводит к интенсивному увеличению, эффективности пылеулавливания, а также эффективность будет зависеть от фракционного состава дисперсной фазы.

Имеющиеся в опыте фракции от 1 мкм до 7,0 мкм улавливаются с эффективностью более 0,98 %.

Из табл. 1 и рис.3 видно, что при увеличении диаметра частицы длина пути пробега частицы до стенки первичного (10) и вторичного (1г) потоков резко уменьшается. Это проявление частицы объясняется тем, что линии тока частицы и газа после обтекания завихрителя резко отличаются друг от друга, т.е. линия тока частицы отстает от линии тока газа за счет существования пограничного слоя на поверхности завихрителя. Чем частица крупнее, тем расстояние от частицы до пограничного слоя будет больше, вследствие чего частица крупнее размером отбрасывается к стенке пылеулавливающей установки раньше, чем мелкие частицы. Это происходит за счет развивающейся центробежной силы с помощью завихрителя с изменяющейся геометрией и углом атаки.

Экспериментальное значение эффективности пылеулавливания определяется как отношение массы частиц осаждения в пылеулавливающей установке к массе частиц, загруженных в реактор.

2. Экспериментальное исследование эффективности пылеулавливания в зависимости от диаметра пылеулавливающей установки (Оц)

Анализ приведенных зависимостей в работах [3, 4, 5] для расчета  $d_{кр}$  (диаметр частицы) показывает, что эффективность пылеулавливания частиц ( $\eta$ ) в пылеулавливающей установке прямо пропорциональна скорости газов в степени 1/2 и обратно пропорциональна диаметру установки также в степени 1/2.

Характер зависимости  $\eta$  от  $r$  и  $D_{ц}$  показывает, что целесообразно вести процесс пылеулавливания в пылеулавливающих установках при больших значениях  $r$  и небольших  $D_{ц}$ . Однако чрезмерное увеличение  $r$  может привести к резкому увеличению гидравлического сопротивления. Поэтому целесообразно увеличивать эффективность пылеулавливания за счет уменьшения диаметра установки, а не за счет роста скорости парогазовой смеси.

Согласно методу, предложенному Лайтом и Лифтом, эффективность очистки установки рассчитывается по формуле:

$$\eta = 1 - \exp[-2(C(\varphi)^{1/(2n+2)})], \quad (4)$$

где  $C$  является функцией только геометрических параметров пылеулавливающей установки;  $\varphi$  - инерционный параметр, учитывающий состояние парогазовой смеси в пылеулавливающей установке.

В свою очередь, оба параметра ( $C$  и  $\varphi$ ) зависят от диаметра ( $D_{ц}$ ) пылеулавливающей установки и изменение  $D_{ц}$  влияет изменение  $C$  и  $\varphi$ , т.е. инерционный параметр (с увеличением  $D_{ц}$  уменьшается, а геометрический параметр  $C$  увеличивается).

Экспериментальное исследование эффективности в зависимости от  $D_{ц}$  проводится на экспериментальной установке, показанной на рис. 1. При этом диаметр установки изменяется  $D_{ц}=200; 250; 300; 350; 400$  мм, а работа экспериментальной установки остается той же, что была описана выше.

Известны следующие параметры:  $d_{ч}=1...5$  мкм;  $\rho_{ч}=2200$  кг/м<sup>3</sup>;  $(r)=12$  м/с;  $(r)=23,7(10^{-6})$  Па(с;  $n=0,3; 0,5; 0,8$ ;  $m_{ч}=6$  кг.

Проводим эксперимент (рис. 1) и полученные результаты записываем в табл.2.

На основании проведенного опыта нами была исследована эффективность пылеулавливания в пылеулавливающей установке в зависимости от диаметра  $D_{ц}$ . Из рис. 4 и табл. 2 видно, что при увеличении диаметра  $D_{ц}$  установки эффективность пылеулавливания увеличивается до определенного значения  $D_{ц}=300$  мм, а выше этого диаметра эффективность уменьшается.

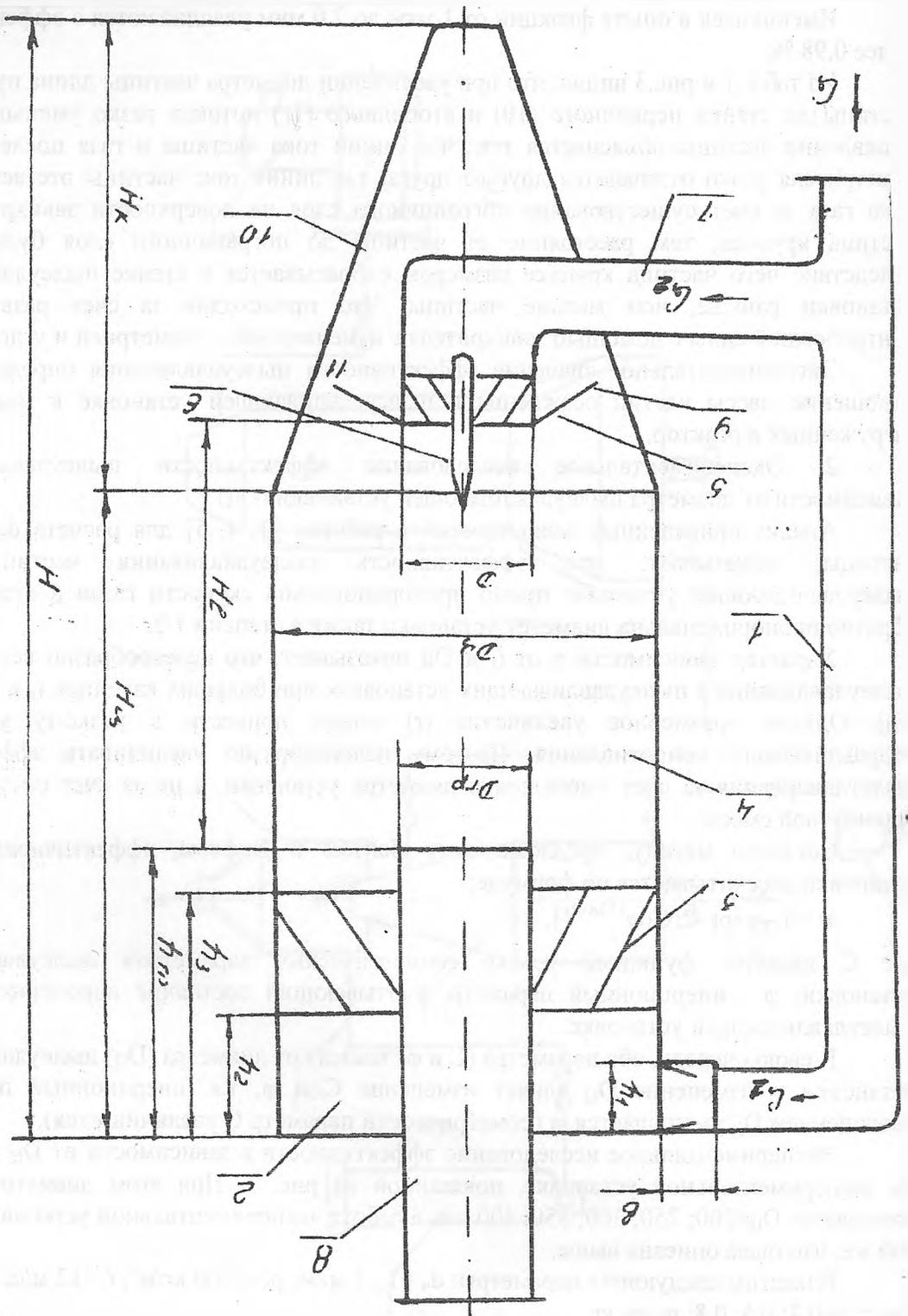


Рис. 2. Комбинированная схема пылеулавливающей установки: 1 – входной патрубок; 2 – коллектор; 3,5 – завихритель; 4 – цилиндрическая камера; 6 – обтекатель; 7 – входной патрубок для вторичного потока; 8 – выхлопной патрубок; 9 – отбойная шайба; 10 – коническая камера – кольцевая цель.

Таблица 2.

Параметры пылеулавливающей установки при изменении  $D_{Ц}$ 

$D_{Ц}$	200	250	300	350	400
$\psi$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
$C$	12,33	20,4	30,2	41,34	54,2
$C_{\psi}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$	$5,3 \cdot 10^{-2}$	$6,6 \cdot 10^{-2}$	$7,7 \cdot 10^{-2}$	$8,6 \cdot 10^{-2}$
$H$	0,69	0,88	0,97	0,95	0,93
$L_1$	261	260	221,5	436	517,9
$L_2$	283,4	262,5	232,8	370,6	430,6
$m_4$	1,48	1,61	1,79	1,83	1,89
$\eta_3$	0,74	0,80	0,89	0,91	0,90

Это объясняется, наверное, тем, что при увеличении диаметра  $D_{Ц} > 300$  частицы не доходят до стенки пылеулавливающей установки за счет недостаточности радиальной и тангенциальной составляющих скоростей. Данное обстоятельство в теории моделирования движения частиц пока еще не имеет теоретического доказательства, т.е. математического описания.

Из табл. 2. видно, что длина пути пробега первичного ( $L_1$ ) и вторичного ( $L_2$ ) потоков парогазовой смеси уменьшается с увеличением диаметра ( $D_{Ц}$ ) пылеулавливающей установки  $D_{Ц} = 300$  мм, а выше этого диаметра значение длины пути увеличивается. Из этого следует, что для увеличения эффективности пылеулавливания в пылеулавливающей установке необходимо установить зависимость между скоростью и геометрическими размерами установки, в частности, диаметром  $D_{Ц}$ , при этом не нарушая требований технологического процесса при сухой очистке парогазовой смеси.

На рис. 4 показано распределение эффективности в пылеулавливающей установке; кривая 1 - по формуле (4), а 2 - экспериментальное. Экспериментальное значение эффективности пылеулавливания определяется как отношение массы частиц после осаждения к массе частиц, загруженных в реактор.

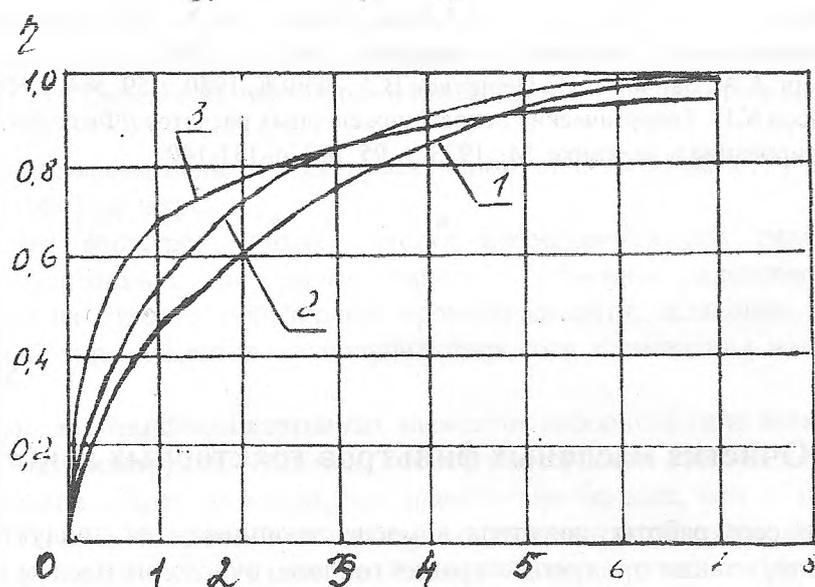


Рис. 3. Эффективность пылеулавливания парогазовой смеси в пылеулавливающей установке в зависимости от диаметра частиц, при  $v_r = 12$  м/с; 1 - по формуле 3; 2 - по формуле [3]; 3 - экспериментальное.

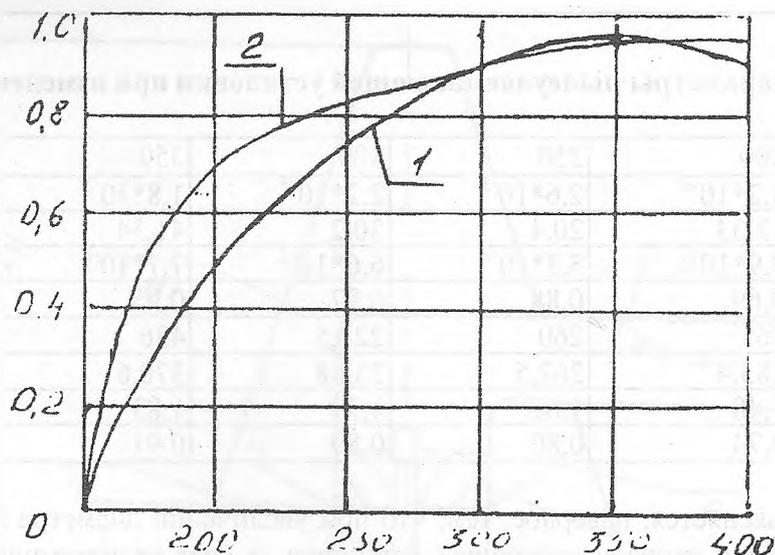


Рис. 4. Эффективность пылеулавливания в зависимости от диаметра пылеулавливающей установки; 1 - по формуле (4); 2 - экспериментальное.

#### Выводы

1. Получены экспериментальные значения эффективности пылеулавливания в зависимости от диаметра частиц и диаметра пылеулавливающей установки.
2. Исследованы длины пути пробега частиц первичного ( $l_1$ ) и вторичного ( $l_2$ ) потоков парогазовой смеси.

#### Литература

1. Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М. Метод крупных частиц в газовой динамике. Вычислительный эксперимент. М., 1982
2. Страус В. Промышленная очистка газов./Пер. Ю.Я. Косого. М., Химия, 1981
3. Первое А.А., Мальтин А.Д. Определение эффективности пылеулавливания и сопротивление в циклонах. Информ., М., ЦНИИЧИ, 1975, сер.22, № 2, с.5
4. Винберг А.А., Зайчик Л.И., Першуков В.А. //ИФЖ, 1980, т.59, №4, с.609-614
5. Джонсон К.Н. Теоретические основы инженерных расчетов.//Физическое моделирование в механике. М., 1973, т. 95, №2, с. 131-140

\* \* \* \*

Камбаров Ч.У.,  
Уметова В.М.,  
Мирзакматов К.Ж.

### Очистка масляных фильтров тракторных двигателях

В процессе работы двигателя в масле накапливаются продукты износа деталей, частички пыли, а также продукты сгорания топлива, окисление маслом (нагар и смолистые и др. вещества).

Своевременное удаление из масла этих нежелательных примесей снижает абразивный износ деталей и задерживает процесс старения масла [1].

В настоящее время на тракторных двигателях, как правило, применяется многоступенчатая очистка масла. При засасывании масла насосом оно проходит через

сетку маслоприемника, в результате чего исключается попадание в насос и систему маслопроводов сравнительно крупных посторонних предметов. Грубая очистка масла может проводиться в металлических фильтрующих элементах. На фильтрах тонкой очистки или центробежных маслоочистителях из масла удаляются мельчайшие примеси и механические частицы. Механические частицы поступают в двигатель различными путями и в первую очередь с рабочей жидкостью, которая практически никогда не бывает совершенно чистой. Существующие стандарты на жидкости для двигателей допускают в ней загрязнения, при поставке промышленностью до 0,01% механических примесей. Но стандарт определяет качество производимых промышленностью эксплуатационных материалов, в то время как работавшей рабочей жидкости содержание значительно выше, чем у нового. В работе Лышко Г.П. приведены браковочные показатели, которые отражены в табл. 1. [2].

Таблица 1.

## Браковочные показатели работавших масел.

Показатели	Значение показателей маслом в двигателях	
	Карбюраторных	Дизельных
Изменение вязкости, %		
Прирост	25	35
Снижение	20	20
Диспергирующие свойства по методу: лабораторных центрифуг, А/Б не менее	2**	2
А-Б/Б, не менее	0,7	0,7

\*\* А/Б – отношение общего А и крупнодисперсного осадка Б.

Примечание: если эксплуатационное испытание является наиболее достоверным средством целесообразности оценки межсменного срока службы масел в двигателях, то по браковочным показателям работавших масел, представленным в таблице 1, можно дать предварительную оценку работы центрифуг.

В системе тонкой очистки масла наиболее широкое применение нашли фильтры нитчатые или со сменными картонными элементами или реактивные центробежные очистители.

В последнее время целью более эффективной очистки масла получили применение полноточные (ЦМО) фильтры.

В качестве фильтров тонкой очистки применяются два типа фильтрующих элементов – картонные, наборного типа и объемно-адсорбирующего типа, изготавливаемые из отходов текстильной промышленности, шлаковые ваты, древесной муки. Последний тип элементов не получил широкого применения из-за малого срока работы.

Основным достоинством картонных элементов наборного типа является их большая грязеемкость. Так, фильтрующий элемент второй размерности 116/125 мм задерживает до 800 – 1000 граммов осадка из масла, что значительно больше, чем у элементов другой конструкции. Так, специальными испытаниями показано, что объемные фильтры изымают из масла примерно в 10 – 15 раз меньше отложений, чем картонные элементы. Основной частью фильтрующих элементов этого типа является набор чередующихся картонных пластин круглой формы или со срезанными краями и фигурных прокладок. Принцип фильтрации масла в конструкциях этого типа одинаков. Загрязненные маслом, поступающие картонным пластинам, входят впор картона и двигаясь по капиллярной структуре пластин, собираются в центральной части фильтрующего элемента очищенным

от загрязнения. Находящиеся в масле примеси отлагаются на поверхности пластины, для чего предусмотрены свободные объемы между пластинами, создаваемыми прокладками.

НИИАТом и В/К (Реготмаз) в течение ряда лет были проведены обширные испытания различных видов фильтров тонкой очистки. Во всех этих испытаниях эффективность работы фильтрующих элементов оценивались по двум показателям: изменению в работавшем масле суммарного содержания примеси и привесу фильтрующих элементов.

Проведенные испытания позволили установить следующую закономерность изменения показателей эффективности работы фильтров. Суммарное содержание примеси в работавшем масле резко возрастает в первый период после замены масла. Затем темп нарастания замедляется и наступал длительный период относительной стабилизации, после окончания которого темп нарастания примеси вновь прогрессивно возрастал.

Стабилизация нарастания примесей связана с работой фильтров. Наибольшее содержание примеси в масле достигается к моменту замены фильтрующего элемента тонкой очистки (после 180 моточасов работы дизельного двигателя). Смена фильтрующего элемента вызывает снижение концентрации примесей в масле в 7-10 раз, практически до уровня исходного масла. Затем весь процесс повторяется. При дальнейшем в работе двигателя в связи с ухудшением моющих и диспергирующих свойств работавшего масла суммарное содержание примеси в масле, проработавшим в течение 200 – 250 моточасов, может быть меньше, чем при работе 180 моточасов. Это объясняется тем, что эффективность работы фильтра непрерывно возрастает. Так продолжается до того момента, когда фильтры уже не в состоянии обеспечить нормальную очистку масла от накапливающихся примесей. Однако и в этом случае более частая замена фильтров обеспечивала стабилизацию и даже снижение суммарного содержания примесей в масле. Увеличение эффективности фильтрации масла по мере увеличения длительности его работы подтверждаются возрастающими привесами фильтрующих элементов.

Испытания снятых с двигателей фильтрующих элементов на безмоторной установке показали, что если после первого этапа работы масла грязеемкость фильтрующего элемента использовалась не полностью (примерно на 60-70 %), то после второго и последующих этапов свою грязеемкость фильтрующий элемент исчерпывает полностью.

В течение определенного срока службы масла (250-300 моточасов) совместное действие присадки, фильтрующего элемента и долива масла обеспечивает поддержание концентрации примесей в работающем масле на уровне достигнутом после первых 180 моточасов работы дизельного двигателя. В дальнейшем присадка срабатывает почти полностью и даже увеличение долива масла на угар уже не обеспечивает равновесного состояния. В силу почти полной потери маслом диспергирующих свойств, несмотря на резкое увеличение привеса фильтрующих элементов, начинает возрастать суммарное содержание примесей в масле. До наступления этого момента масло должно быть заменено.

Если оценивать работоспособность масла только по накоплению примесей, то минимальный уровень может быть обеспечен за счет более частой замены фильтрующих элементов. Однако происходящие при этом значительные изменения других показателей масла не могут быть компенсированы фильтрацией и масло должно быть заменено.

Фильтры тонкой очистки со сменными картонными фильтрующими элементами обеспечивают весьма эффективную фильтрацию масла, задерживая все частицы размером более 5 мкм в начальной стадии работы. В дальнейшем тонкость фильтрации повышается. Однако их основным недостатком является малая пропускная способность, а также и то, что очищенное масло сливается в картер двигателя, а не направляется в главную масляную магистраль. В результате этого значительная часть абразивных частиц, которые

беспрепятственно проходят через фильтр грубой очистки, попадает в главную масляную магистраль, вызывая износ деталей двигателя.

У двигателей тракторов МТЗ-80, МТЗ-80 Л (с четырехтактными, четырехцилиндровыми двигателями), МТЗ-100, МТЗ-102 (с четырехтактными, четырехцилиндровыми двигателями) и других применяется центробежная очистка масла при помощи центрифуги, обеспечивающей ряд преимуществ по сравнению с картонными сменными фильтрующими элементами.

Одна из важнейших преимуществ центрифуги состоит в том, что она отбирает из двигателя примеси по весовому признаку, т.е. наиболее тяжелые примеси задерживаются в первую очередь.

Вторым преимуществом является то, что работа центрифуги может быть проверена простым и надежным методом - прослушиванием работы ротора после остановки двигателя. У нормально работающей центрифуги после остановки хорошо прогретого двигателя ротор вращается по инерции не менее 3-5 мин., причем вращение ротора хорошо прослушивается даже при закрытом капоте двигателя. Так же, как и в случае применения картонных фильтров, привесы центрифуг растут от этапа к этапу по мере увеличения длительности работы масла, причем характер изменений привеса ротора центрифуги у двигателей МТЗ-80 и МТЗ-100 примерно одинаков.

В последнее время за рубежом широкое распространение получила полнопоточная система фильтрации, при которой все масло, идущее из насоса в главную масляную магистраль, подвергается относительно тонкой очистке в сменных бумажных фильтрующих элементах. Фильтрующая перегородка полнопоточных бумажных элементов изготовлена из специальной высокопористой бумаги.

В настоящее время установлено, что свыше 95% загрязняющих примесей в масле с присадкой имеют размеры менее 1-2 мкм. Эти частицы не ухудшают противоизносных свойств масла, а, на против, заполняя микронеровности поверхностей трения, препятствуют их непосредственному контакту и снижают износ. Только около 1 % примесей неорганического происхождения имеют размер свыше 10-15 мкм, вызывают абразивный износ деталей и, следовательно, должны быть удалены из масла.

Как было указано выше, присадка, находящаяся в масле, поддерживает достаточно длительное время продукты загрязнения масла в мелкодисперсном состоянии, что обеспечивает прохождения их через поры фильтрующего материала полнопоточного фильтрующего элемента. Этим обеспечивается одновременно очистка масла от крупных абразивных частиц и длительно сохраняется пропускная способность элемента. Следовательно, применение полнопоточных фильтрующих элементов при использовании масла без эффективной диспергирующей присадки совершенно не допустимы. За самый короткий срок, фильтрующий элемент будет заблокирован продуктами окисления масла.

При проведении экспериментов и обобщении результатов исследования величина отложений имеет некоторую погрешность, обусловленную неточностью измерительных приборов. Ошибками при наблюдении и неизбежными отклонениями явились изменения свойств изучаемого объекта. Для получения более точного представления об изучаемом объекте. Для получения более точного представления об изучаемом свойстве пользовались среднеарифметическими значениями.

Каждый опыт состоял из трех измерений. Для повышения точности экспериментов проводились 4-5 измерений. Приборы применявшиеся при исследовании и погрешности величин приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Перечень измерительных приборов, применяемых при испытании системы  
отложений в роторе центрифуг.**

Измеряемый параметр	Измерительный прибор	Погрешность отклонения
Давление маслом	Пружинно-трубчатый манометр МЗМ ГОСТ 2405-63	+ 1,5
Температура масла	Ртутный термометр с ценой деления 0,10 С	± 0,6
Время опыта (истечения масла)	Секундомер «Слава» с ценой деления 0,1 секунд	± 0,5
Плотность масла	Ареометр ГОСТ 3900-46	+ 1,5
Вес опытного расхода масла	Весы ВНЦ с ценой деления 5 г	± 0,18

Экспериментальные данные по содержанию механических примесей в центрифуге приведены в таблице 3, которые показывают, что в центробежных масляных очистителях концентрации загрязнений увеличивается для этой партии тракторов перед началом наблюдений. Порядок эксперимента проводился с промывкой и заливом свежего масла.

Таблица 3

**Накопление концентрации загрязнений центрифуги в 120-140 моточасов**

№	двигатель	Применяемая смазочная система	Отложение на роторе
1	Д-240	Смазочная система комбинированная	0,1-0,3 г/ч
2	Д-245	-«-	0,09-0,25 г/ч
3	Д-240	Смазочная система комбинированная	0,08-0,33 г/ч
4	Д-245	-«-	0,07-0,29 г/ч

Из таблицы видно, что после очистки и промывки ротор ЦМО, через 120-140 моточасов работы в жарких условиях эксплуатации для двигателей Д-240 отложений на роторе составляет 0,1-0,3 г/ч, а для двигателей Д-245 через 80-120 моточасов составило 0,08-0,33 г/ч. Для системы ЦМО накопление концентрации загрязнений происходит интенсивно в период работы двигателя 80-100 моточасов, а затем идет как стабилизация на определенном уровне. Первая объясняется механическим действием самого ЦМО, т.е., оно обладая избирательной способностью, задерживает более крупные частицы загрязнений. Процесс отделения мелкодисперсных частиц происходит менее интенсивнее, и в этом заключается стабилизация концентрации загрязнений, т.е. поступающего в масло частицы загрязнений задерживается ЦМО.

Полученные результаты можно объяснить, только связывая эффективности работы фильтрующих элементов с диспергирующим действием присадки. В начальный период работы масла диспергирующая присадка способствует коагуляции примесей и их осаждению на фильтрующем элементе. Поэтому, несмотря на резкое увеличение суммарного содержания примесей в масле, привесы фильтрующих элементов в этот период остаются минимальными. Затем эффективность действия присадки начинает уменьшаться, в связи с чем увеличивается привес фильтров, соответственно замедляется рост накопления суммарного содержания примесей в масле.

Разница очистки и промывка ЦМО, рекомендованные через 120...240 часов работы, привело к снижению на 10-16 %, по сравнению проведенными экспериментами в жарких условиях эксплуатации. Таким образом, на практике при эксплуатации тракторов в жарких климатических условиях рекомендуется очистка ЦМО после 80-100 моточасов.

#### Выводы:

1. Анализ отказов деталей двигателя показывает, что их основной причиной является износ, вследствие повышенной загрязненности масла.
2. Перспективным направлением развития транспортных средств является технология очистки отработавших масел, которые имеют ряд преимуществ по сравнению с существующими методами.
3. Очистка центробежных масляных очистителей рекомендуется в жарких климатических условиях через 80-100 моточасов.

#### Литература

1. Венцель С.В. «Применение смазочных масел в автомобильных и тракторных двигателях». М. Химия 1969 г.
2. Лышко Г.П. «Топливо и смазочные материалы». М. Агропромиздат, 1985 г.

\* \* \* \*

Атаканов Ш.А.,  
Келебаев К.К.

### Анализ влияния нагрузки ВЛ 0,38 кВ на помехоустойчивость защиты от обрыва проводов

Оборвавшийся провод воздушной линии 0,38 кВ представляет опасность для жизни людей. При соединении провода с землей ток замыкания в зависимости от условий изменяется от 1 до 550 мА и в редких случаях достигает 8,5 А [ 1]. В этих условиях защита от обрыва проводов при высокой чувствительности должна иметь хорошую помехозащищенность. Таким требованиям удовлетворяет устройство защиты, основанное на наложении на ВЛ 0,38 кВ симметричной системы контрольных токов, имеющих частоту 100 Гц [2].

В защите [2] для создания контрольных токов в фазных проводах линии используются схемы однополупериодного выпрямления. В этих схемах фаза и уровень контрольного тока зависят от фазы и величины приложенного напряжения промышленной частоты. Поэтому для решения вопроса о практической применимости устройства защиты от обрыва проводов, следует оценить влияние нагрузки ВЛ 0,38 кВ, вызывающей асимметрию напряжений в конце линии, где присоединены выпрямительные цепи, на работу защиты. Так как к линиям напряжением 0,38 кВ подключены однофазные нагрузки, несимметрия фазных токов и напряжений в этих сетях неизбежна. В то же время сеть 0,38 кВ, подключенную к трансформаторной подстанции (ТП), можно представить моделью с тремя воздушными линиями. Одна из линии питает производственную нагрузку, другая – коммунально-бытовую, третья – смешанную. Следует также отметить, что несимметрия в сети 0,38 кВ практически создается линиями с коммунально-бытовой нагрузкой, имеющими средневзвешенный коэффициент мощности  $\cos\varphi = 0,9 - 0,98$  [3]. При этом наибольший угол между напряжениями начала и конца линии будет при  $\cos\varphi = 1$ .

Поэтому анализ влияния нагрузки ВЛ 0,38 кВ на защиту проводят при активных равномерно распределенных вдоль линии нагрузках.

Несмотря на то, что вероятность появления максимальной нагрузки в одной, двух или трех фазах ничтожно мала, из всего многообразия режимов нагрузки ВЛ 0,38 кВ для решения поставленной задачи целесообразно выделение трех упомянутых режимов, так как оценка работы защиты от обрыва проводов в режимах предельной мощности позволит затем судить о степени помехозащищенности защитного устройства в наиболее неблагоприятных условиях. При этом в соответствии с данными [4] примем максимальные потери напряжения в проводах линии  $\Delta U = 8\% (17,6 В)$  полагая, что напряжения в начале линии симметричны и равны 230 В.

При протекании тока нагрузки напряжения на источниках контрольного тока, включенных в конце линии между каждым фазным проводом и землей, оказываются сдвинутыми по отношению к фазным напряжениям начала линии на угол  $\delta$  и. Напряжения на зажимах источников равны

$$U_{\text{н}} = U_1 - \Delta U, \quad (1)$$

где  $U_1$  – напряжение в начале линии.

Из векторной диаграммы напряжений для одной фазы трехфазной линии с нагрузкой на конце [5] следует:

$$\operatorname{tg} \delta_{\text{н}} = \frac{\delta U_{\phi}}{U_{\text{н}} + \Delta U_{\phi}} = \frac{\delta U_{\phi}}{U_1} \quad (2)$$

Поперечная  $\delta U_{\phi}$  и продольная  $\Delta U_{\phi}$  составляющие падения напряжения в фазном проводе при активной нагрузке могут быть определены по известным формулам:

$$\begin{aligned} \delta U_{\phi} &= \frac{P x_0 l}{2 U_{\text{н}}}; \\ \Delta U_{\phi} &= \frac{P r_0 l}{2 U_{\text{н}}} \approx \Delta U, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $P$  – активная равномерно распределенная по длине линии нагрузки;

$r_0, x_0$  – удельные сопротивления фазного провода;

$l$  – длина линии. С учетом этих формул из (2) получим:

$$\delta_{\text{н}} = \operatorname{arctg} \left( \frac{x_0 \Delta U}{r_0 U_1} \right). \quad (4)$$

По (1) и (3) для наиболее часто встречающихся в ВЛ 0,38 кВ сечений алюминиевых проводов 16, 25, 35 и 50 мм<sup>2</sup> определим трехфазную систему напряжений  $U$  и  $A, \bar{U}$  и  $B$  и  $\bar{U}$  и  $C$ , действующих на источники контрольного тока при максимальной нагрузке фазы  $B$ , фаз  $A, B$  и всех трех фаз. В первом случае напряжение  $\bar{U}$  и  $B$  сдвинуто в сторону отставания относительно  $\bar{U}_1 B$  на угол  $\delta$  и, а остальные два напряжения  $\bar{U}$  и  $A$  и  $\bar{U}$  и  $C$  совпадают с напряжениями начала линии  $\bar{U}_1 A$  и  $\bar{U}_1 C$  соответственно. Во втором случае при  $\bar{U}$  и  $C = \bar{U}_1 C$  имеем сдвиг напряжений  $\bar{U}$  и  $A$  и  $\bar{U}$  и  $B$  относительно напряжений  $\bar{U}_1 A$  и  $\bar{U}_1 B$  также на угол  $\delta_{\text{н}}$ . В третьем случае напряжения на источниках  $\bar{U}$  и  $A, \bar{U}$  и  $B, \bar{U}$  и  $C$  будут одинаковы и сдвинуты относительно друг друга на 120°.

Трехфазная система контрольных токов частоты 100 Гц, создаваемая напряжениями  $\bar{U}$  и  $A, \bar{U}$  и  $B, \bar{U}$  и  $C$  для одно- и двухфазной нагрузок ВЛ 0,38 кВ, приведена на рис. 1. Эта система имеет чередование фаз, аналогичное чередованию фаз обратной последовательности, причем сдвиг векторов тока относительно симметричного положения

составляет  $2\delta_{II}$ . При однофазной нагрузке контрольные токи обозначены  $\vec{I}_{A1}, \vec{I}_{B1}, \vec{I}_{C1}$  (рис. 1а), а при двухфазной -  $\vec{I}_{A2}, \vec{I}_{B2}, \vec{I}_{C2}$  (рис. 1б).

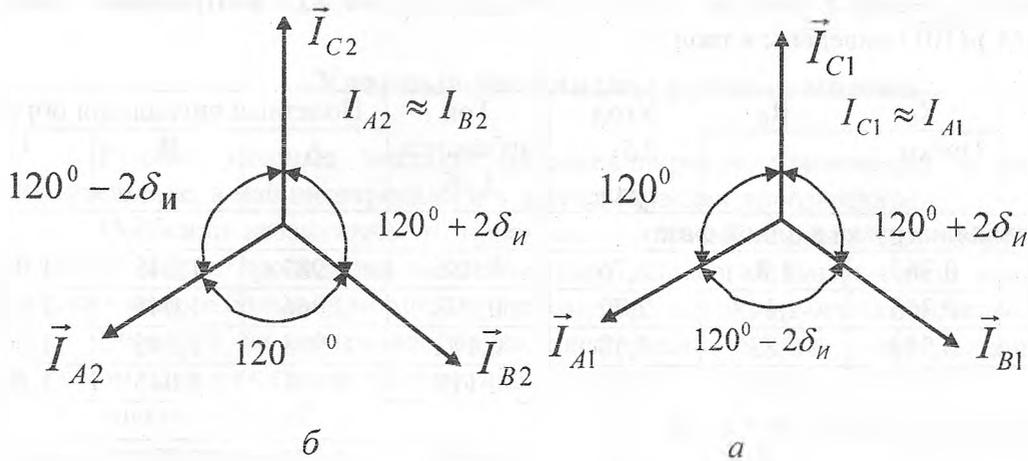


Рис.1. Векторные диаграммы контрольных токов:  
а – однофазная; б – двухфазная нагрузки

Токи небаланса и полезные сигналы при обрыве на частоте 100 Гц, выделяемые измерительным преобразователем защиты от обрыва, определяются из векторных диаграмм контрольных токов (рис.1), протекающих в фазных проводах линии.

Токи небаланса в нормальном режиме работы линии (при отсутствии обрыва проводов) находим из следующих соотношений:

$$I_{нб1} = \sqrt{I_{A1}^2 + I_{B1}^2 - 2I_{A1}I_{B1} \cos 2\delta_{II}}; \quad (4)$$

$$I_{нб2} = \sqrt{I_{A2}^2 + I_{C2}^2 - 2I_{A2}I_{C2} \cos 2\delta_{II}}. \quad (5)$$

при обрыве фазы А контрольный ток  $\vec{I}_A$  равен нулю, поэтому полезный сигнал равен геометрической сумме векторов  $\vec{I}_B$  и  $\vec{I}_C$

$$I_{\Sigma A1} = I_{\Sigma A2} = \sqrt{I_{C1}^2 + I_{B2}^2 - 2I_{C1}I_{B1} \cos(60^\circ - 2\delta_{II})}. \quad (6)$$

При обрыве провода фазы В суммарный контрольный ток определяем по формуле:

$$I_{\Sigma B1} = I_{C1} = I_{A1}; \quad (7)$$

$$I_{\Sigma B2} = \sqrt{I_{A2}^2 + I_{C2}^2 - 2I_{A2}I_{C2} \cos(60^\circ + 2\delta_{II})}. \quad (8)$$

Если возник обрыв в фазе С, суммарный контрольный сигнал на частоте 100 Гц окажется равным :

$$I_{\Sigma C1} = \sqrt{I_{A1}^2 + I_{B1}^2 - 2I_{A1}I_{B1} \cos(60^\circ + 2\delta_{II})}, \quad (9)$$

$$I_{\Sigma C2} = I_{A2} = I_{B2}. \quad (10)$$

При максимальной нагрузке всех фаз ВЛ контрольные токи в фазах, одинаковы и сдвинуты относительно друг друга на  $120^\circ$ , поэтому при любом виде обрыва полезный сигнал равен току однофазного источника контрольного тока.

Рассмотрим численные характеристики защиты. Для удобства анализа результатов воспользуемся относительными величинами контрольных токов. Так, при номинальном

напряжении  $U_H = 220$  В контрольный ток источника, к которому это напряжение приложено, принимаем равным единице. Тогда при любых других значениях контрольный ток источника окажется равным  $I = U_H / U_H$ . Результаты расчета контрольных токов по формулам (4)-(10) приведены в табл.1.

Сечение, мм <sup>2</sup>	$X_0$	$R_0$	Угол $2\delta_H$ , град.	Ток небаланса $I_{нб}$	Полезный сигнал при обрыве		
	Ом/км				А	В	С
Максимальная нагрузка в одной фазе							
16	0,363	1,8	1,76	0,086	0,981	1,045	1,034
25	0,353	1,14	2,72	0,093	0,966	1,045	1,048
35	0,339	0,83	3,58	0,102	0,953	1,045	1,061
50	0,327	0,576	4,98	0,118	0,931	1,045	1,082
Максимальная нагрузка в двух фазах							
16	0,363	1,8	1,76	0,086	0,981	1,034	0,965
25	0,353	1,14	2,72	0,093	0,966	1,048	0,965
35	0,339	0,83	3,58	0,102	0,953	1,061	0,965
50	0,327	0,576	4,98	0,118	0,931	1,082	0,965

Из нее следует, что ток небаланса не зависит от вида несимметричной нагрузки, а только от сечения проводов линии, причем при максимальном сечении 50 мм<sup>2</sup> возникает наибольший ток небаланса (наибольшая помеха), равный 11,8% от номинального тока источника.

Если принять коэффициент чувствительности защиты при номинальном напряжении равным 2, то относительный ток срабатывания защиты составит 0,5, а ток небаланса в нормальном режиме работы сети не превысит 23,6% от тока срабатывания, что свидетельствует о высокой помехозащищенности. Минимальный коэффициент чувствительности имеет место при обрыве провода фазы А и составляет 1,86, что вполне удовлетворяет требованию надежного срабатывания защиты при обрыве проводов.

При трехфазной максимальной нагрузке для всех сечений проводов контрольные токи одинаковы (0,965) и сдвинуты относительно друг друга на 120°, поэтому ток небаланса отсутствует, а сигнал об обрыве провода равен току однофазного источника, что обеспечивает коэффициент чувствительности защиты 1,93.

### Литература

1. Н.А. Мельников, С.С. Рокотян, А.Н. Шеренцис. Проектирование электрической части ВЛ 330-500 кВ. Л., Энергия, 1980, с.378
2. И.А. Будзко, В.Н. Степанов. Электрические линии и сети сельскохозяйственного назначения. М., Сельхозиздат, 1958
3. А.А. Сошников. Защита сельских воздушных линий 0,38 кВ. Техника в сельском хозяйстве. 1977
4. Р.Ш. Сагутдинов, В.И. Красников, В.Г. Головацкий. Защита электрических сетей 0,38 кВ при обрыве проводов. Электрические станции. 1982
5. В.А. Андреев, В.Ф. Шишкина, А.Л. Дубов. О влиянии заземляющих устройств нулевого провода на распределении токов нулевой последовательности сельских ВЛ 0,38 кВ. М., Электричество. 1989
6. А.И. Саливахин, В.П. Кобазьев, Х.М. Желиховский. Защита ВЛ электропередачи 0,38 кВ от обрыва фазного провода. Механизм. Электрофик.сельхоз., 1985

\* \* \* \*

Кошбаев А.А.,  
Каримов А.А.,  
Атекова Ч.У.,  
Эргешев Б.

## Ударные механизмы ручных машин

Ручные ударные машины находят широкое применение в горном деле, в строительстве, в машиностроении и в других отраслях производства.

Особенно незаменимы и эффективны ручные машины при работе в стесненных условиях и при проведении малообъемных, вспомогательных работ, когда применение ударных машин большой мощности невозможно или экономически нецелесообразно.

Несмотря на все разнообразие конструкций, ручные ударные машины имеют в основном один из нижеследующих видов привода:

- пневматический;
- гидравлический;
- электрический

Исторически первыми в конце XIX в. появились пневматические ударные машины. Причем на протяжении длительного времени они практически не имели конкурентов вплоть до 60-х годов XX в. и имеют широкое применение до настоящего времени. Это обусловлено их общеизвестными достоинствами, такими как:

- простота конструкции;
- возможность продолжительного режима безостановочной работы;
- нечувствительность к перегрузкам и др.

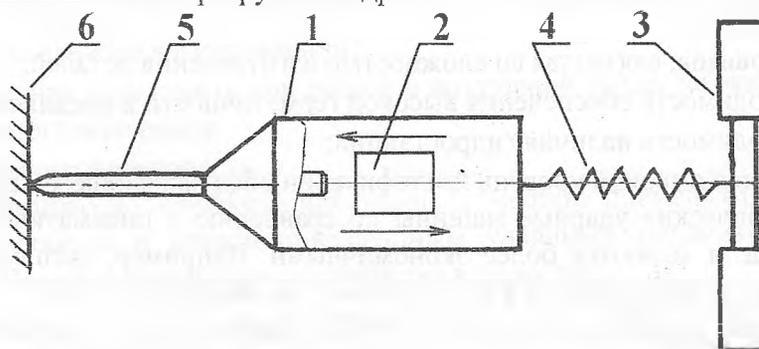


Рис. 1. Ручная ударная машина.

Где: 1 - корпус; 2 - ударный механизм; 3 - рукоятки управления;  
4 - упругий элемент; 5 - рабочий инструмент; 6 - обрабатываемая среда

Не останавливаясь особо на принципиальных тонкостях, упрощенный принцип действия пневматических ударных машин следующий (рис.1): в рабочую камеру, находящуюся в корпусе 1 подается рабочий реагент (сжатый воздух), под действием давления которого боек 2 ударного механизма получает ускорение и ударяет по рабочему инструменту 5 формируя, таким образом, ударные импульсы. При этом энергия ударных импульсов посредством инструмента 5 передается в обрабатываемую среду 6 для совершения работы. Далее цикл повторяется.

Однако наряду с вышеуказанными достоинствами, ударные машины с пневматическим приводом имеют существенные недостатки:

- низкий к.п.д. (7-11%);
- повышенный шум;

- необходимость в дорогостоящих компрессорных установках, в воздухопроводной сети;
- загрязнение окружающей среды масляным туманом;
- зависимость работы от географо-климатических условий и др.

Кроме того, к настоящему времени производительность пневматических ударных машин достигла предельных значений, обусловленных невозможностью дальнейшего повышения ударной мощности.

Этих недостатков лишены гидравлические ударные машины, первые образцы которых появились в 60-х годах XX в. Принцип формирования ударных импульсов в гидравлических ударных машинах аналогичен пневматическим, при этом отметим, что в качестве рабочего реагента служит жидкость.

По сравнению с пневматическими, гидравлические ударные машины имеют следующие преимущества:

- высокий к.п.д. (до 70%);
- компактность;
- низкий шум и отсутствие масляного тумана;
- на порядок большие, чем в пневматических машинах рабочие давления, следовательно, большая производительность;
- отсутствие необходимости в дорогостоящих компрессорных установках и пневмосети.

Отметим, что в настоящее время бурильные и отбойные машины большой мощности имеют в основном именно гидравлический привод.

Наряду с преимуществами ударные машины с гидравлическим приводом, имеют также и недостатки:

- дороговизна, связанная со сложностью изготовления деталей;
- необходимость обеспечения высокой герметичности в соединениях;
- необходимость наличия гидростанции;
- требуется высокий уровень квалификации обслуживающего персонала.

Электрические ударные машины по сравнению с пневматическими, имеют более высокий к.п.д. и являются более экономичными. Например, эксплуатационные расходы электрических ударных машин в 4-6 раз ниже, чем пневматических.

Отметим, что конструирование ручных электрических ударных машин развивается по двум направлениям:

- электромагнитные (электрофугальные) ударные машины с непосредственным преобразованием электрической энергии в механическую энергию;
- электромеханические ударные машины, в которых вращательное движение вала электродвигателя преобразуется в возвратно-поступательное движение, посредством кривошипно-рычажных, кулачковых и др. устройств.

Электромагнитные (электрофугальные) ударные машины (рис.2) имеют следующие достоинства:

- отсутствие механической связи;
- простота конструкции;
- сравнительно меньшая стоимость.

Основные недостатки электромагнитных ударных машин:

- низкий к.п.д. электромагнита;
- низкие энергетические характеристики;
- значительный нагрев во время работы.

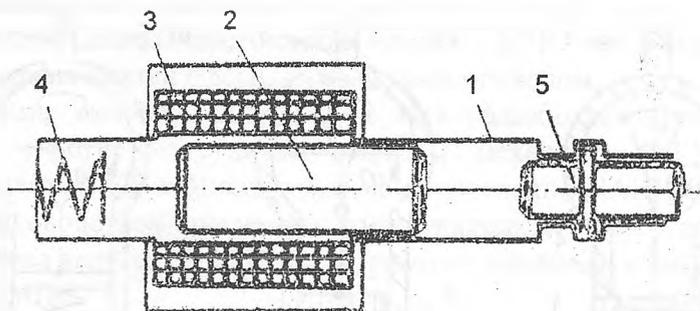


Рис.2 Электромагнитный ударный механизм.  
Где: 1- корпус; 2 – ударная масса; 3 – намагничивающая катушка; 4 – упругий элемент; 5 – рабочий инструмент

В ручных электромеханических ударных машинах вращательное движение вала электродвигателя ударному механизму передается через промежуточный преобразовательный механизм.

Наиболее широко распространены электромеханические ударные машины с компрессионно-вакуумным ударным механизмом (рис.3а). Данные машины имеют следующие достоинства:

- высокий к.п.д.;
- меньший шум и отсутствие масляного тумана;
- не требуют компрессорных установок и гидростанций.

Недостатки компрессионно-вакуумных ударных машин следующие:

- достаточно сложны в изготовлении;
- недостаточная надежность при работе в воздушной среде, загрязненной частицами разрушаемого материала;
- низкая ремонтпригодность.

Кроме компрессионно-вакуумных ударных машин, применяются также ударные машины с пружинным и пружинно-воздушным ударными механизмами (рис.3б, 3в), которые также имеют определенные достоинства и недостатки.

В последние годы XX в. в Кыргызской Республике возникло и интенсивно развивается новое направление в теории механизмов и машин (ТММ) – теория механизмов переменной структуры (МПС). Одним из приложений которой является разработка и создание принципиально новых, не имеющих аналогов в мировой практике ударных механизмов, представляющих собой шарнирно-четырёхзвенный механизм с определенными соотношениями звеньев. Принцип работы ударных МПС (рис.4) следующий: вращательное движение кривошипа 1 посредством шатуна 2 преобразуется в качательное движение коромысла 3. При выстраивании звеньев механизма в одну линию, ударная масса совмещенная с коромыслом 3 производит удар по рабочему инструменту, формируя таким образом ударные импульсы, которые далее передаются в обрабатываемую среду – для совершения полезной работы.

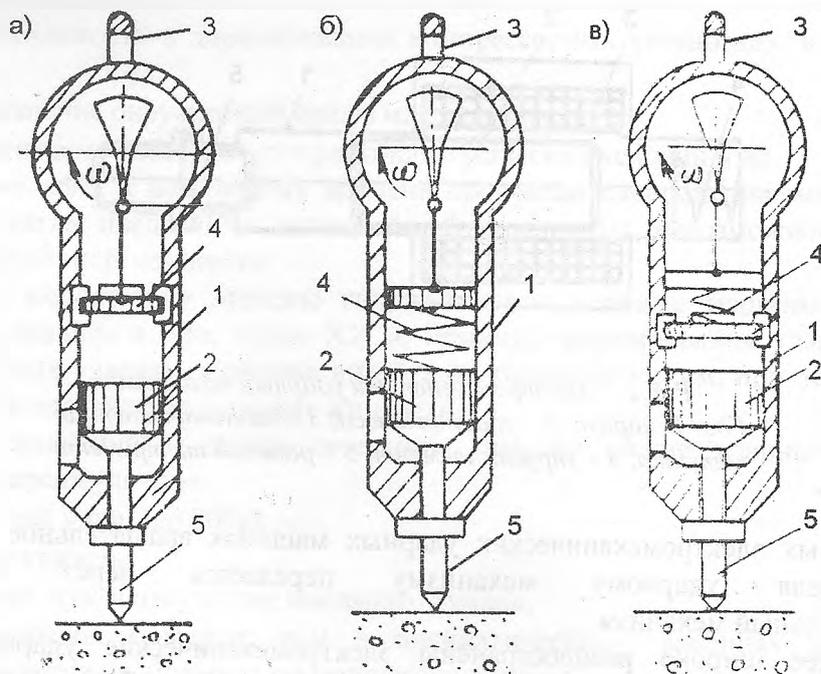


Рис.3 Схемы ручных отбойных молотков

- а) с компрессионно-вакуумным ударным механизмом, где: 1 - корпус; 2 -ударная масса; 3 - ручки управления; 4 - поршень; 5 - рабочий инструмент  
 б) с пружинным ударным механизмом, где 4 - пружина  
 в) с пружинно-воздушным ударным механизмом

Данные ударные механизмы по сравнению с традиционными, имеют следующие преимущества:

- высокий к.п.д.;
- простота и технологичность конструкции;
- могут работать в любой природной среде (низкие и высокие температуры, вакуум, загрязненная среда и т.п.);
- возможность работы с любым типом привода, обеспечивающим вращательное движение;
- возможность работы, как от стационарных, так и от автономных источников питания и др.

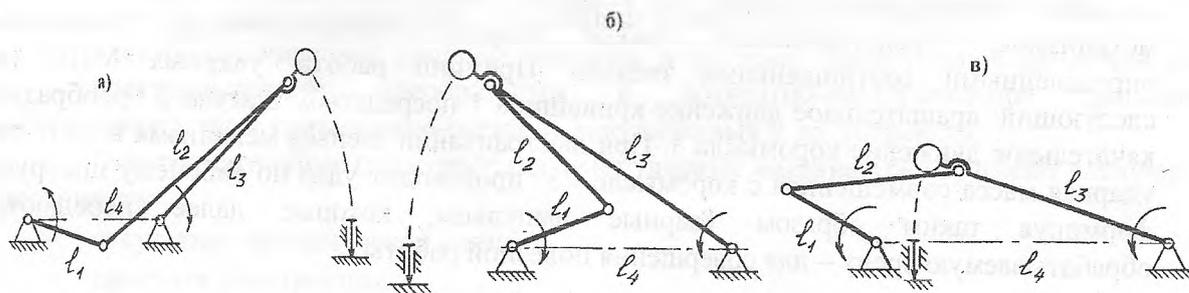


Рис. 4. Шарнирно-четырёхзвенные ударные механизмы: а - с наибольшим шатуном; б - с наибольшим коромыслом; в - с наибольшим основанием. Где:  $l_1$  - кривошип;  $l_2$  - шатун;  $l_3$  - коромысло;  $l_4$  - стойка.

Отметим, что ударные МПС прошли в свое время проверку в космической технике, а также защищены патентами ведущих западных стран.

Все вышеприведенные достоинства ударных МПС реализованы в разнообразных конструкциях ударных машин с МПС с различным приводом.

В заключение отметим, что во всех этих разработках принимали и принимают самое активное участие сотрудники кафедры механики ЖАГУ, где совместно с Инженерной академией КР и Институтом машиноведения НАН КР, под общим научно-методическим руководством академика Международной инженерной академии, д.т.н., проф. С.Абдраимова ведутся НИОКР по разработке, созданию и исследованию различных машин на основе МПС.

\* \* \* \* \*

Кошбаев А.А.

### Этапы развития виброзащиты ручных ударных машин с механизмом переменной структуры

Во многих отраслях промышленности широко применяются ручные ударные машины различного назначения и типоразмеров. Это связано с рядом положительных качеств, присущих данным машинам (простота в обслуживании, сравнительная экономичность и др.). Однако ручные ударные машины являются источниками повышенной вибрации передаваемых человеку-оператору. Поэтому при работе с ручными ударными машинами возникает задача защиты человека-оператора от вибрации. Не являются исключением в этом отношении также и принципиально новые ручные ударные машины с механизмом переменной структуры (МПС).

Рассмотрим этапы развития ручных ударных машин с МПС с точки зрения виброзащиты оператора.

Одной из первых моделей ручных ударных машин с МПС является ручной отбойный молоток с гибким валом МОМ-30. В данной модели (рис.1), для снижения вибрации от действия отраженных от обрабатываемой среды волн, в буксе 4 установлены резиновые кольца 5.

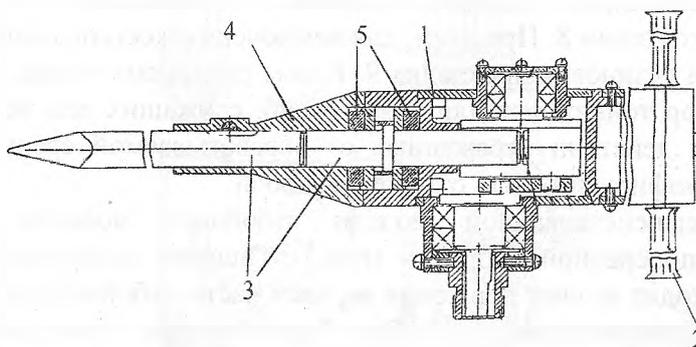


Рис.1. Отбойный молоток МОМ-30

Эти же кольца предназначены для гашения ударных импульсов, возникающих при «простреле» инструмента с волноводом 3. Дополнительная защита оператора от вибрации корпуса 1 осуществляется обрезиненными рукоятками 2. В целом, виброзащита данной модели малоэффективна, т.к. оператор слабо защищен от действия вибрации корпуса, обусловленной виброактивностью ударного механизма. Вибрационный фон к тому же, ухудшает жесткое крепление рукояток 2 с корпусом 1.

В следующих моделях МОМ-3 и МОМ-4, кроме резиновых колец в буксе, для гашения продольных вибраций использованы металлические виброизоляторы - пружины. Конструкция продольного виброгасителя (рис.2) состоит из нижней плиты 1, которая с помощью болтов крепится к корпусу отбойного молотка; стоек 2 соединяющих нижнюю плиту 1 со средней плитой 3. Стойки 2 служат направляющими для пружин 4. Между нижней 1 и средней 3 плитами расположена ходовая плита 5; нижняя часть которой опирается на пружины 4, а верхняя соединена стойками 6 с верхней плитой 7. При этом, стойки 6 продеты через сквозные отверстия в средней плите 3. В торцах верхней плиты 7 закреплены резиновые рукоятки 8.

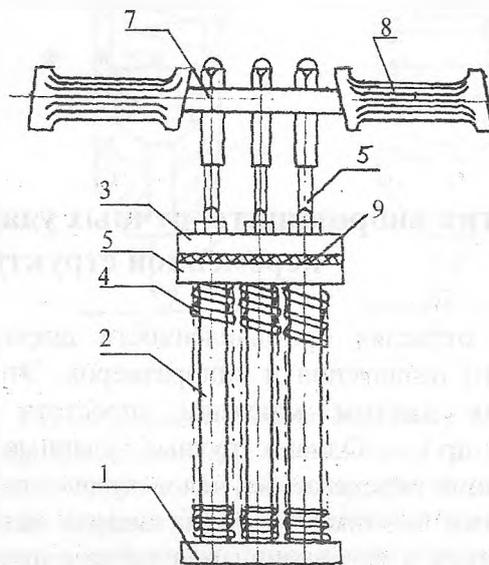


Рис.2. Виброгаситель продольных вибраций

Продольный виброгаситель работает следующим образом. Вибрация корпуса, возникающая при работе ударного механизма, через стойки 2 передается средней плите 3. Так как, средняя плита 3 не имеет жесткой связи с рукоятками 8, то вибрация оператору передается посредством ходовой плиты 5 со стойками 6 и пружинами 4, при прохождении которых и происходит гашение колебаний. Оставшаяся часть вибрации гасится резиновыми рукоятками 8. При этом, для исключения жесткого контакта между плитами 3 и 5 установлена резиновая прокладка 9. Кроме резиновых колец, дополнительно в буксе установлен набор тонких металлических шайб, служащих для регулирования установки волновода. При действии отраженных от обрабатываемой среды волн, данные шайбы также гасят (демпфируют) часть отраженных волн.

В усовершенствованной модели отбойного молотка МОМ-5 использован виброгаситель поперечной вибрации (рис.3). Гашение поперечной вибрации отбойного молотка происходит за счет движения верхней части отбойного молотка, т.е продольного виброгасителя относительно оси 4. Ось 4 расположена между нижней 1 и верхней 2 плитами и проходит через верхнюю 5 и нижнюю 6 щеки поперечного виброгасителя.

Пространство между верхней и нижней плитами заполнено упругой резиной 3. Виброгаситель работает следующим образом. При работе отбойного молотка, когда возникает поперечная вибрация, нижняя часть отбойного молотка (корпус) перемещается по горизонтали, сжимая при этом упругую резину с одной стороны виброгасителя. При движении корпуса в обратную сторону, сжимается резина с другой стороны. Контакт оператора с машиной происходит через обрезиненные рукоятки.

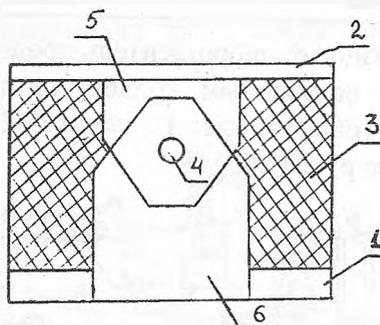


Рис.3. Виброгаситель поперечных вибраций

В модели отбойного молотка МММ-7 в дополнение к виброгасителю поперечной вибрации изменена конструкция виброгасителя продольной вибрации. Виброгаситель продольной вибрации (рис.4) состоит из штока 2 и упругих пружин 3. Шток 2 расположен продольно корпусу 1 отбойного молотка и может свободно совершать вертикальные перемещения через сквозные отверстия в направляющих плитах 4 и 5. Верхний конец штока закреплен в ходовой плите 6 с гасителем поперечной вибрации 7 и резиновыми рукоятками 8. Данный виброгаситель разработан с целью исключения жесткой связи направляющего штока 2 с корпусом 1 молотка, в отличие от виброгасителя приведенного на рис.2; и работает следующим образом. Вибрация корпуса 1, так как здесь отсутствует жесткая связь со штоком 2, через направляющую плиту 4 передается пружине виброгасителя 3, при этом происходит первичное гашение колебаний. Далее, через стальные штифты 9 служащие для ограничения верхнего конца пружины и предотвращения выхода штока 2 из направляющих плит 4-5, вибрация посредством штока 2 передается ходовой плите 6, где происходит вторичное гашение колебаний виброгасителем 7. Остаточная вибрация гасится резиновыми рукоятками 8. Как видим, в данной конструкции применена тройная виброзащита, что намного эффективно по сравнению с предшествующими моделями.

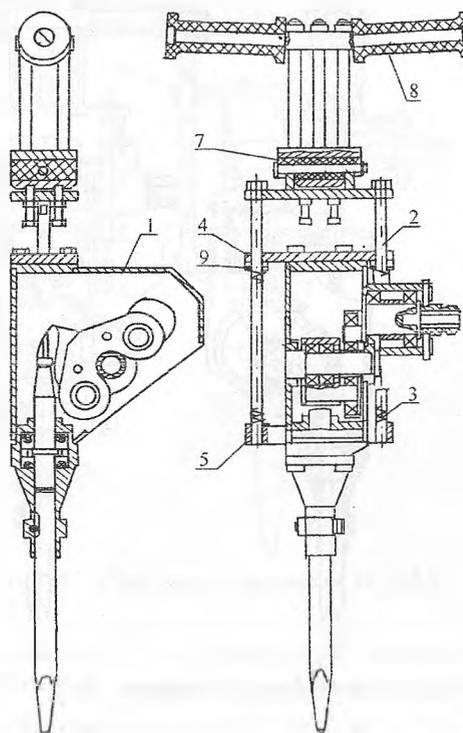


Рис.4. Отбойный молоток МММ-7

Отметим, что аналогичный виброгаситель продольных колебаний установлен также в отбойных молотках со встроенным коллекторным двигателем и с гидроприводом моделей МРЭ-6 и МРГ-2 (рис.5-6, где: 1- корпус; 2- направляющий шток; 3-пружина виброгасителя; 4-резиновые рукоятки).

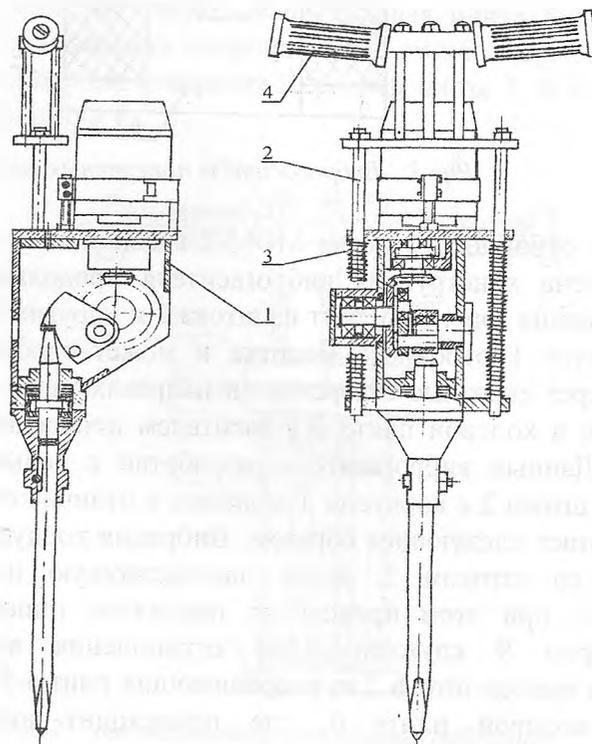


Рис.5. Отбойный молоток со встроенным двигателем МРЭ-6

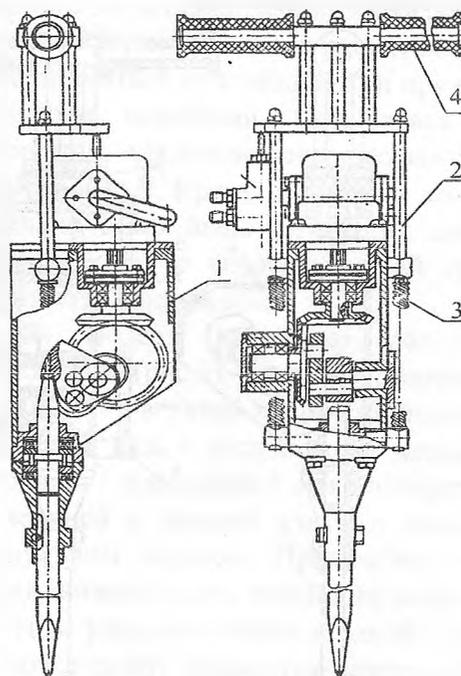


Рис.6. Отбойный молоток с гидромотором МРГ-2

В следующей модели отбойного молотка с гибким валом МОМ-8 изменена конструкция виброгасителя продольных колебаний (рис.7). Конструкция виброгасителя 3

выполнена в виде двух телескопических труб, между которыми установлена упругая пружина.

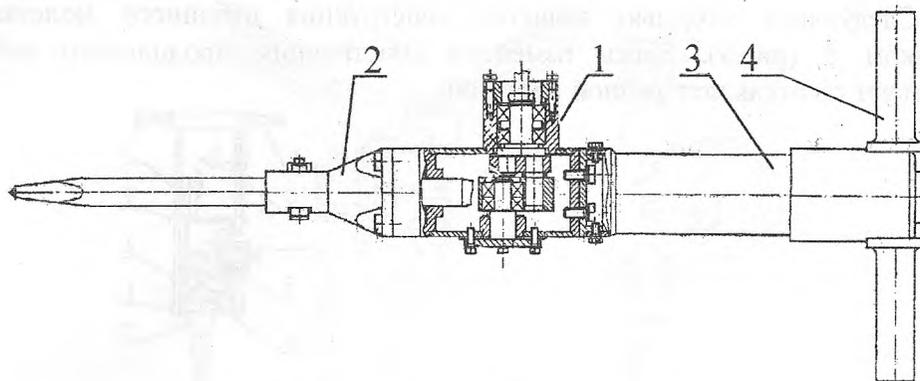


Рис.7. Отбойный молоток MOM-8

В данной модели отсутствует виброгаситель поперечных колебаний (рис.3). Первичное гашение энергии отраженных от обрабатываемой среды волн производится набором резиновых и металлических колец находящихся в буксе 2. Далее, передача оставшейся части энергии отраженных волн и вибрации корпуса 1 к рукояткам отбойного молотка происходит посредством пружины виброгасителя 3, при этом происходит вторичное гашение вибрации. Гашение остаточной вибрации осуществляется также резиновыми рукоятками 4.

В отличие от модели MOM-8 в модели MOM-9 (рис.8), вновь использован продольный виброгаситель.

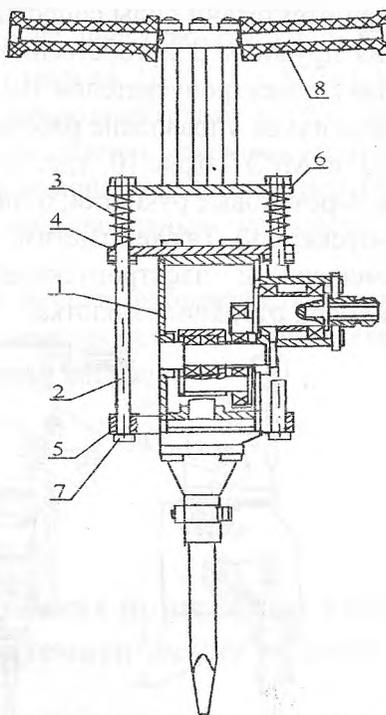


Рис.8. Отбойный молоток MOM-9

В данной модели, пружины 3 виброгасителя установлены между ходовой 6 и направляющей 4 плитами. В целях предотвращения выхода штока 2 из направляющей плиты 5 и ограничения перемещения ходовой плиты 6, вместо штифтов 9 (рис.4) на нижнем конце штока 2 установлены ограничительные гайки 7. Передача вибрации от

корпуса 1 к ручкам молотка происходит посредством пружин 3, при этом происходит гашение колебаний. Остаточная вибрация гасится обрезиненными рукоятками 8.

Следующей моделью является конструкция отбойного молотка МОМ-10 с маховиком 5 (рис.9). Здесь изменена конструкция продольного виброгасителя и отсутствует гаситель поперечной вибрации.

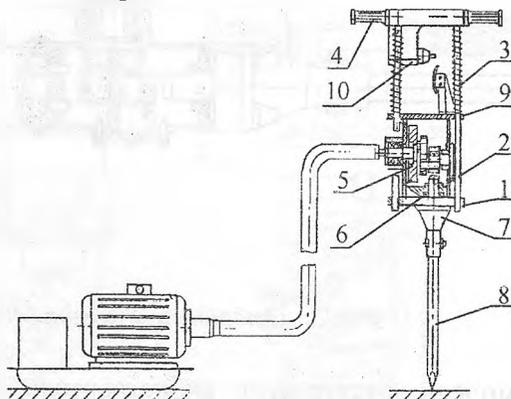


Рис.9. Отбойный молоток МОМ-10

В данной конструкции в дополнение к набору колец 6 в буксе 7, для исключения «прострелов» инструмента 8 введено позиционное управление пуском и остановом молотка. При этом пуск отбойного молотка осуществляется только при прижатом к обрабатываемому материалу положении и нажатии рукояток 4. Для этого изменена конструкция ручки молотка, а пружина 3 продольного виброгасителя установлена между рукоятками 4 и направляющей плитой 9. При наступлении режима «прострелов», то есть при отсутствии силы сопротивления на рабочем конце инструмента 8, под действием усилия пружины 3 и собственного веса, корпус 1 перемещается вниз, размыкая при этом контакт с электропускателем 10, что останавливает работу молотка.

Заметим, что аналогичное управление работой отбойного молотка, осуществляется также в моделях МРГ-3 и МРЭ-7 (рис.10, где: 1- корпус; 2- направляющий шток; 3- пружина виброгасителя; 4-резиновые рукоятки; 6- набор демпфирующих колец; 7-букса; 8- рабочий инструмент; 9-пускатель). Также отметим, что в модели МРЭ-7 (рис.11), пружина 3 виброгасителя совмещена с электропускателем 10 и расположена поперечно относительно продольной оси отбойного молотка.

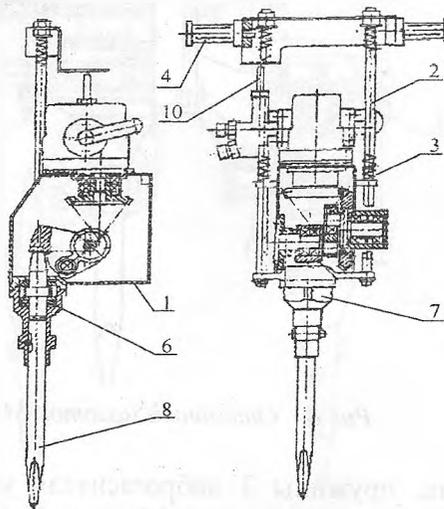


Рис.10. Отбойный молоток с гидромотором МРГ-3

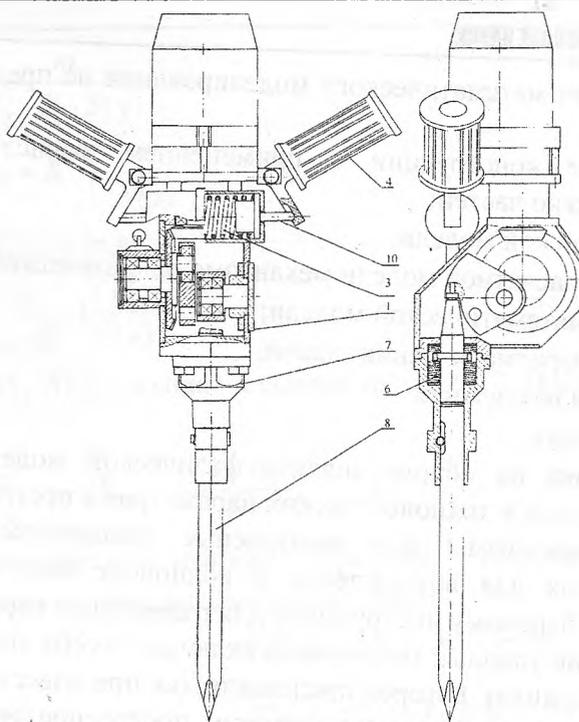


Рис. 11. Отбойный молоток со встроенным двигателем МРЭ-7

Кроме отбойных молотков, на основе МПС разработаны также машины ударно-вращательного (электромеханические перфораторы типа ПРЭ) и ударно-поворотного (перфораторы типа МПР) действия.

Ручные электромеханические перфораторы ПРЭ, ввиду относительно малой  $A_y$  энергии удара (в зависимости от модели  $A_y = 1,5 \div 8$  Дж), кроме набора демпфирующих колец, другими специальными виброзащитными устройствами не оснащены. Ударный узел перфораторов типа МПР аналогичен ударному узлу отбойного молотка МОМ-10. Соответственно, ввиду большой величины энергии удара ( $A_y$  до 55 Дж), данные модели оснащены всем комплексом виброзащитных устройств, применяемых в отбойных молотках типа МОМ.

В заключение на основе анализа виброзащиты ручных ударных машин с МПС, можно сделать вывод, что данные устройства должны достаточно эффективно защищать человека-оператора от возникающей вибрации.

\* \* \* \*

Аширалиева У.А.

### Исследование гидравлических поршневых ударных механизмов и их математические модели

При проектировании и создании механизмов особое внимание уделяется методам математического моделирования, так как с применением математической модели можно определить наиболее рациональные параметры и характеристики машины.

Применение математического моделирования при создании новых машин дает возможность проведения сравнительного анализа, и выявить преимущества и недостатки каких-либо узлов или машины в целом. Основываясь на математические модели можно принимать те или иные конструктивные и технологические решения.

Решение задач математического моделирования не представляется возможным без применения ЭВМ.

Исследование конструкции с применением вычислительной техники можно разделить на несколько частей:

- выбор физической модели;
- составление расчетной модели механизма по физической модели;
- построение математической модели;
- создание алгоритма решения задачи;
- программная реализация;
- анализ решения;
- корректировка на основе анализа физической модели, путем введения новых конструктивных и технологических параметров в программу.

Ударные механизмы или импульсные генераторы, широко применяются в бурильных машинах для возбуждения в волноводе импульсов напряжения, которые передают энергию буровому инструменту для разрушения горной породы.

Исследование ударных механизмов включает в себя оценку особенностей движения бойка (поршня-ударника), которое представляется при известных значениях перемещения и скорости бойка в любой момент времени; построение энергетических характеристик механизма – зависимостей скорости соударения, энергии удара, ударной мощности и к.п.д. от параметров ударной системы. Под энергией удара понимают кинетическую энергию бойка в момент его соударения со штангой, под ударной мощностью – произведение энергии единичного удара на частоту удара, под к.п.д. – отношение ударной мощности к мощности, затрачиваемой источником питания именно ударного узла. Свойства механизма характеризуются также частотными характеристиками механизма, т.е. зависимости скорости соударения, энергии удара, ударной мощности и к.п.д. от частоты ударов.

Рассмотрим математические модели гидравлических ударных механизмов, которые используют в конструкции буровых агрегатов. Математические модели гидравлического поршневого ударного механизма с гидрообъемным регулированием и электромеханические виброударные механизмы представлены в работе [1].

Система гидравлического ударного механизма включает в себя приводной двигатель, насос, корпус, поршень-ударник, распределительное устройство, аккумуляторы, рабочий инструмент и переливной клапан. Переливной клапан устанавливает верхний предел давления жидкости в гидросистеме.

Математическая модель ударного механизма имеет вид [2]:

$$U'' = K_a \frac{(U')^2}{1 + K_E (U')^2} \left[ Q_0 - Q_3 - K_P U' - K_U U \right] \quad (1.1)$$

с начальными условиями при  $t = 0, U = 0, U' = 0$

условия соударения поршня-ударника со штангой: при  $t = T, U_+ = -R \cdot U_-$ ,

где  $U_-$  и  $U_+$  – скорость поршня-ударника до и после удара,

$T$  – время между ударами,

$U, U'$  – соответственно скорость и ускорение поршня-ударника,

$Q_0$  – расчетная производительность насоса (из паспорта к насосу),

$Q_3$  – расход жидкости на управление,

$K_a, K_p, K_U, K_E$  – коэффициенты, определяемые из выражений:

$$K_a = \frac{m}{V_k \cdot P_0 \cdot S(y)}; \tag{1.2}$$

$$K_p = (q + K_H) \cdot \frac{m}{S(y)}; \tag{1.3}$$

$$K_U = \bar{S}'(y) + b(y); \tag{1.4}$$

$$K_E = \frac{K_E}{V_v \cdot P_0} \cdot \left(\frac{m}{S(y)}\right)^2; \tag{1.5}$$

$q, K_H, b(y), K_E, S(y), \bar{S}(y)$  – входят в выражения (1.2 – 1.5) определяются следующим образом:

$$q = \frac{\pi d_0 \delta}{12 \mu l}, \quad K_H = \frac{Q(1 - \eta_0)}{P}, \quad K_E = \frac{V_{TP}}{E_{ж}} \tag{1.6}$$

$S(y)$  – некоторая кусочно-постоянная функция, отражающая закономерности переключения движущих сил, описываемая уравнением:

$$S(y) = \begin{cases} S \cdot K_f & \text{при } 0 \leq y \leq y_1 \text{ и } U > 0; \\ -S \left(1 + \frac{G}{P \cdot S} \sin \alpha\right) & \text{при } y_1 < y < y_0 \text{ и } U > 0; \\ -S \left(1 + \frac{G}{P \cdot S} \sin \alpha\right) & \text{при } \Delta y < y < y_0 \text{ и } U < 0; \\ S \cdot K_f & \text{при } 0 \leq y \leq \Delta y \text{ и } U < 0, \end{cases} \tag{1.7}$$

$\bar{S}(y)$  – некоторая кусочно-постоянная функция, зависящая от схемы распределения потока жидкости и соотношения площадей поясков поршня-ударника:

$$\bar{S}(y) = \begin{cases} S \cdot K_S & \text{при } 0 \leq y \leq y_1 \text{ и } U > 0; \\ -S & \text{при } y_1 < y < y_0 \text{ и } U > 0; \\ -S & \text{при } \Delta y < y \leq y_0 \text{ и } U < 0; \\ S \cdot K_S & \text{при } 0 \leq y \leq \Delta y \text{ и } U < 0, \end{cases} \tag{1.8}$$

$b(y)$  – кусочно-постоянная функция, описывающая величину утечек жидкости в зависимости от направления движения поршня-ударника:

$$b(y) = \begin{cases} \frac{\pi d_0 \delta}{2} & \text{при } 0 \leq y \leq y_1 \text{ и } U > 0; \\ \frac{\pi d_0 \delta}{2} & \text{при } y_1 < y \leq y_0 \text{ и } U > 0; \\ -\frac{\pi d_0 \delta}{2} & \text{при } \Delta y < y < y_0 \text{ и } U < 0; \\ \frac{\pi d_0 \delta}{2} & \text{при } 0 \leq y \leq \Delta y \text{ и } U < 0, \end{cases} \tag{1.9}$$

коэффициенты  $K_f$  из (1.7) и  $K_S$  из (1.8) определяются как:

$$K_f = \frac{K_S \cdot P - \frac{G}{S} \sin \alpha}{P + \frac{G}{S} \sin \alpha}, \quad K_S = \frac{S_2}{S_1 - S_2}, \tag{1.10}$$

в формулы (1.10) входят  $S_1, S_2, S$ :

$$S_1 = \frac{\pi}{4} (d_0^2 - d_1^2), \quad S_2 = \frac{\pi}{4} (d_0^2 - d_2^2), \quad S = S_1 - S_2,$$

где  $m$  – масса поршня-ударника;  
 $V_K$  – конструктивный объем аккумулятора;  
 $P_0$  – давление начальной зарядки аккумулятора;  
 $d_0$  – диаметр цилиндра;  
 $d_1$  – диаметр поршня со стороны камеры холостого хода;  
 $d_2$  – диаметр поршня со стороны камеры рабочего хода;  
 $\mu$  – коэффициент динамической вязкости жидкости;  
 $l$  – длина зазора в сопряжении поршень-втулка;  
 $V_{TP}$  – объем жидкости в трубопроводах и камерах механизма;  
 $S_1, S_2$  – соответственно площади поясков поршня-ударника со стороны камер рабочего и холостого ходов;  
 $\alpha$  – угол наклона поршня-ударника относительно горизонта;  
 $G$  – сила тяжести поршня-ударника ( $G = mg$ ,  $g$  – ускорение свободного падения);  
 $S$  – эффективная площадь действия сил на поршень-ударник;  
 $E_{ж}$  – модуль упругости жидкости.

Для исследования динамики механизма использовалось уравнение (1.1) с учетом зависимостей (1.2 – 1.10).

Для решения уравнения движения ударной массы (1.1) численным методом Рунге-Кутты, оно было приведено к системе 3-х дифференциальных уравнений 1-го порядка:

$$y' = U$$

$$U' = Z$$

$$Z' = K_a \frac{Z^{n+1}}{1 + K_E Z^n} [Q_0 - Q_3 - K_p Z - K_U U],$$

где  $y$  – координата перемещения поршня-ударника;

$U$  – скорость поршня-ударника;

$Z$  – ускорение поршня-ударника.

Последовательность решения задачи представлена в работе [3].

### Литература

1. Манжосов В.К., Басов С.А., Лукутина Н.О., Мартыненко Л.М. Динамика виброударных механизмов// Алгоритмы и программы решений задач динамики механизмов на ЭВМ: Сб. статей/ под общей ред. акад. АН Кирг. ССР О.Д. Алимова. – Фрунзе: Илим, 1984. – с.65-117.
2. Алимов О.Д., Басов С.А., Волков А.Н., Волосков В.В., Искенов С.С., Ураимов М. Механизация буровых и отбойных работ при проведении горных выработок. – Фрунзе: Илим, 1981. – 188 с.
3. Мартыненко Л.М. Взаимосвязи систем механизмов буровых устройств и их математические модели (на примере буровых устройств типа Аскатеш). Фрунзе: Илим, 1987. – 25-28 с.

\* \* \* \*

## Синтез новых декоративно- облицовочных материалов

Использование вторичных сырьевых материалов и отходов других производств является перспективным направлением для развития декоративно-облицовочных материалов [1-3]. Это позволяет снизить себестоимость продукции и сэкономить традиционное сырье. Кроме того, проблема получения материалов с необходимыми эксплуатационными свойствами за счет уменьшения энергетических затрат становится все более актуальной.

Большая часть облицовочных материалов является композиционными и состоит из стекловидной, кристаллической и газовой фаз. Физико-механические, декоративные и эксплуатационные свойства этих материалов зависят от соотношения составляющих фаз, размера частиц, количество кристаллической стекловидной и газовой фаз, распределения фаз по объему.

Декоративная наружная поверхность облицовочного материала может быть как стекловидной, так и кристаллической. При этом кристаллическая фаза вводится в стекломассу в качестве глушителя, красителя, наполнителя или образуется в процессе термообработки.

В данной работе приведены результаты исследований по синтезу новых – декоративно-облицовочных материалов на основе отходов промышленности (стеклобой, золы шлаки ТЭС и др).

Известные способы изготовления декоративно-облицовочных материалов [4-7] имеет некоторые недостатки, такие как сложная технология получения, декоративные свойства не очень высокие и др. Нами синтезированы несколько видов декоративно-облицовочных материалов. Они упрощают технологию получения и повышает декоративные свойства материалов.

В способе изготовления стеклянной декоративно-облицовочной плитки (№1), включают последовательную укладку в форму наполнителя, подложки и поверхностного слоя. Затем термообработывают при 850-1000<sup>0</sup>С в течение 30-60 мин. В качестве подложки используют авантюриновое стекло с размером гранул 1-5 мм, а поверхностного слоя – прозрачное стекло с размером гранул 0,1-6 мм. Прозрачное стекло может быть оконное, тарное и др. коэффициент линейного термического расширения подложки и поверхностный слой должен соответствовать друг другу. Химический состав авантюринового стекла представлен в табл. 1. Наполнителем служит кварцевый песок, зола Бишкекский ТЭС, или их смесь, а также раствор каолина (паста).

Таблица 1

Химический состав стекла.

Состав	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cu <sub>2</sub> O	Cl	CaO
Медный авантюрин	54-69	0,05-0,2	FeO- 2-10	-	15-20	-	-	3-10	0,1-2,0	-
Хромовый авантюрин	47,5-63,1	3,9-6,8	MoO 8,8-3,5	8,5-18,1	8,2-18,1	0,3-1,3	1,5-4,5	-	-	4,5-9,8
Эмаль для термометровых стекол [8]	63,22	2,32	Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub> -8,24	CdS-1,63	5,49	5,0	Se-0,094	10,34		1,42

В процессе термообработки гранулы размягчаются, оплавляются и соединяются друг с другом, создавая монолитные облицовочные плитки. На поверхностях раздела

гранул авантюринового и прозрачного стекла создаются благоприятные условия для роста кристаллов меди, хрома и образования соответствующего декоративного эффекта.

Прозрачное стекло в полученной композиции выполняет роль защитного слоя авантюринового стекла от окисления меди и хрома, защищает от атмосферных и других химических воздействий.

Полученный декоративно-облицовочный материал представляет собой накладное глушение стекло с блестящими включениями, равномерно распределенными по объему.

В другом способе изготовления декоративно-облицовочного материала (№2) технология изготовления включают формование ленты из расплава стекла, нанесение декоративного покрытия на верхнюю поверхность ленты. Затем термообработывают при 850- 950 С<sup>0</sup> в течение 30-60 мин. Для формования ленты используют расплав стекла состава, мас.% : SiO<sub>2</sub> 52,7 – 64,4; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4,0-6,7; CaO 18,36-27,3; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1,5-2,3; MgO 2,0-2,9; TiO<sub>2</sub> 0,38-0,54; Na<sub>2</sub>O 2,8-5,0; K<sub>2</sub>O 2,0-2,87; P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,01-0,8; MnO 0,1-0.15; S<sup>-2</sup> 0,26-0,6; ZnO 0,01-2,0.

Для улучшения сцепляемости плитки с цементным раствором и равномерной кристаллизации подложки можно формовать нижний слой ленты стекла рельефно.

Стекла в пределах указанного состава синтезированы на основе зол Эстонской ГРЭС и добавок: отход обогащения фосфоритов Кингисепского месторождения или кварцевый песок, сода кальцинированная, оксид цинка, отход производства электродного кокса ПО « Сланцехим» (г.Кохтла-Ярве).

В качестве покрытия используются бой эмалей для термометровых стекол и авантюриновое стекло в виде гранул с размером частиц 0,6-5 мм, с КЛТР (78-95)х10<sup>-7</sup> °С<sup>-1</sup> и температурой растекания 850-950<sup>0</sup>С.

В процессе термообработки подложка (ленты стекла) объемно кристаллизуется и приобретает мелкодисперсную структуру, соответствующую стеклокристаллического материала.

Исследованы процессы формирования декоративного слоя, определены технологические и физико-механические свойства синтезированных декоративно-облицовочных материалов.

### Литература

1. Лясин В.Ф. Саркисов П.Д. «Новые облицовочные материалы» М. Стройиздат. 1987 193 стр.
2. Н.М. Павлушкин П.Д. Саркисов Л.А. Орлова «Шлакоситаллы» М. 1977.
3. Полюшкин В.И. Синтез и исследования авантюриновых стекол на основе доменных шлаков: Дис. ... кандидат технических наук/МХТИ им. Д.И. Менделеева. М., 1979. 173 стр.
4. Авторское свидетельство СССР №887487 кл. С 03В 31/00 1981
5. Авторское свидетельство СССР № 1631046 кл. С 03В 31/00 1991.
6. Авторское свидетельство СССР №546569 кл. С 03В 5/00 1974
7. Авторское свидетельство СССР №1454791 кл. С 03В 31/00. 1989.
8. Справочник по производству стекла. Т. I.. М.: 1963

\* \* \* \*

Абдуллаева М.Д.

### Охлаждающие жидкости и их использование

Часть тепла, выделяющегося при сгорании топлива в двигателе, идет на нагрев камер сгорания и цилиндров двигателя. При очень высоких температурах стенок камер сгорания теряется мощность двигателя вследствие ухудшения наполнения цилиндров,

ухудшаются условия смазывания, появляется детонация, калильное зажигание и другие нежелательные явления. Чтобы предотвратить перегрев деталей двигателя, их охлаждают.

Для эксплуатации двигателей при положительных температурах воздуха самой подходящей охлаждающей жидкостью является вода. При отрицательных температурах во избежание замерзания воды применяют водные смеси с различными веществами, снижающими температуру замерзания. Такие смеси получили название антифризов (от греч. anti – приставка, означающая противодействие, и англ. freeze - замерзнуть).

Вода, используемая как охлаждающая жидкость, помимо достоинств: высокой теплопроводности и теплоёмкости, малой вязкости, низкой стоимости, экологичности, имеет и ряд недостатков: высокую точку замерзания ( $0^{\circ}\text{C}$ ), при которой происходит значительное увеличение в объеме (10%) [1]. Это может привести к разрушению двигателя и радиатора, так как лед давит на стенки системы охлаждения с усилием свыше 2000 кгс/см<sup>3</sup> [2]. Кроме того, вода способна образовать накипи и шламы, которые, обладая плохой теплопроводностью, ухудшают охлаждение двигателя, снижая тем самым его мощность и экономичность. Образование накипи обусловлено жесткостью природной воды, т.е. наличием в ней растворенных солей, в основном, кальция и магния. Поэтому желательно применять мягкую воду.

Присущие воде свойства вызывают необходимость при температурах ниже  $0^{\circ}\text{C}$  использовать в качестве охлаждающих жидкостей различные низкотемпературные жидкости-антифризы. С точки зрения химии, антифризы, по типу основного вещества можно разделить на две большие группы: органические и неорганические.

К органическим антифризам относятся: одноатомные спирты (метилловый, этиловый, пропиловый, изопропиловый), многоатомные спирты (глицерин, этиленгликоль, пропиленгликоль), полигликоли (диэтиленгликоль, триэтиленгликоль), эфиры гликолей (метилловый эфир этиленгликоля, этиловый эфир этиленгликоля, этиловый эфир диэтиленгликоля). К неорганическим антифризам относятся растворы следующих солей: NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, LiCl, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COOK, CH<sub>3</sub>COONa, NaNO<sub>3</sub>.

В качественных антифризах присутствуют специальные присадки в количествах 1–6%. Применение присадок уменьшает коррозию, образование пены и накипи. Без присадки антифриз является просто раствором с низкой температурой замерзания.

С середины тридцатых годов в США и странах западной Европы началось массовое использование антифризов.

В начале широкое применение нашли спиртовые антифризы. Но вскоре от них пришлось отказаться. Одноатомные спирты: метанол, этанол непригодны из-за низких температур кипения и, соответственно высокой летучести. Кроме того, метанол, кипящий при  $65^{\circ}\text{C}$ , смертельно ядовит. Пропиловый спирт кипит при  $97^{\circ}\text{C}$ , смешивается с водой в любых пропорциях, но из-за высокой летучести и дороговизны не получил применения как компонент антифризов.

Самое широкое применение получили антифризы – смеси воды с двухатомным спиртом – этиленгликолем. В настоящее время около 50% этиленгликоля, производимого в мире, идет на приготовление антифризов. Гликолевые антифризы в разных странах называют по-разному. В СССР в 50-х годов – просто антифриз – бесцветная мутноватая жидкость с присадками динатрийфосфата и декстрина. Затем появился голубой антифриз, более высокого качества с названием «Тосол». Это звучащее «по-заграничному» слово разработчики из института Технологии Органического Синтеза назвали по первым буквам названия института и дали окончание –ол, характеризующее принадлежность основного компонента к спиртам.

В Германии с еще довоенных лет был популярен гликолевый антифриз глизантин, позже фрикоген, во Франции – антифроген [3,4].

Гликолевые антифризы получили широкое применение потому, что они отвечают многим требованиям, предъявляемым к жидкостям для систем охлаждения двигателей. Они пригодны для использования при любых морозах, при вскипании воды остаются жидкими, так как этиленгликоль сам по себе жидкость, которая кипит при 197°C. Присадки, добавляемые в эти антифризы, обеспечивают в течение 2-3 лет достаточную защиту от коррозии металлов, из которых изготовлен радиатор и части двигателя, омываемые антифризом. Резиновые шланги и сальники слегка набухают в качественных антифризах, что обеспечивает отсутствие подтекания [5,6].

Основной недостаток этиленгликолевых антифризов – их токсичность. При пролипании этиленгликолевых антифризов на землю растения погибают и на этом месте трава, например, начинает расти лишь через два года. Поэтому в технической документации, в частности, в упомянутом выше ГОСТе на антифризы указано, что отработанный антифриз «запрещается выливать в открытый грунт и в канализацию..., её надлежит собирать и отправлять на переработку». Запрет на слив растворов этиленгликоля на землю действует во всех цивилизованных странах. Особенно скрупулёзно он соблюдается в Германии, где действуют специальные установки для сбора отработанного антифриза. Однако и там, на переработку поступает лишь 40% от количества антифриза, заливаемого в автомобили. 60% составляют потери за счёт подтекания этой жидкости через не плотности в системах охлаждения двигателей.

Этиленгликоль весьма ядовит. Попадание этиленгликоля в организм человека вызывает тяжелое отравление или даже смерть. LD<sub>50</sub> для людей составляет 0.79 г/кг, а ПДК в воздухе – 5мг/м<sup>3</sup> [7].

Все сказанное выше вызвало большое число исследований, направленных на поиск антифризов, лишенных недостатков, присущих этиленгликолевым.

Эти исследования пока завершились созданием двух типов новых антифризов. Разработаны рецептуры антифризов, в которых токсичный этиленгликоль заменен на безвредный пропиленгликоль. Их используют в первую очередь там, где этиленгликолевые антифризы применять опасно: как охлаждающая жидкость в промышленных холодильниках для хранения пищевых продуктов и как теплоноситель для обогрева коттеджей, церквей и закрытых стадионов [8-10].

Пропиленгликоль примерно на 30-40% дороже этиленгликоля, имеет большую вязкость и несколько худшие теплофизические свойства.

Общим недостатком гликолевых антифризов является их горючесть, взрывоопасность смеси паров с воздухом и разрушающее действие на краски.

Наиболее перспективны созданные недавно экологически безопасные антифризы на основе этилового эфира диэтиленгликоля [11]. Они, в отличие от пропиленгликоля имеют низкую вязкость при минусовых температурах, термостабильны и не разрушают, в отличие от этиленгликолевых, краски.

Совершенно новыми являются солевые антифризы [12-15]. У солевых антифризов лишь один недостаток: при вскипании части воды соли выпадают, и циркуляция жидкости частично или полностью прекращается. Поэтому необходимо следить за плотностью антифриза, и при необходимости добавлять воду.

Существуют дорогие антифризы на основе хлорида лития и ацетата калия [12,13]. В США, Германии и ряде других стран с 1996 года начался переход на нетоксичные антифризы. В ФРГ, например, этиленгликолевые антифризы перестали применять в системах отопления церквей, стадионов и других местах скопления людей, в автобусах и автомобилях.

В России такой запрет осуществила санитарная инспекция Министерства путей сообщения – этиленгликолевые антифризы больше не применяются в системах отопления пассажирских вагонов, они заменены безвредным, сравнительно дешевым антифризом на

основе карбоната калия («Асол-К»), который имеет широкий температурный интервал, малый коэффициент объемного теплового расширения и теплофизические свойства на 15% выше, чем у гликолевых антифризов [14,15]. «Асол-К» совершенно нетоксичен, при проливании на землю он является калиевым и фосфорным удобрением.

### Литература

1. Моторные и реактивные масла и жидкости /Под ред. Папок К.К., Семенидо К.Г.-М.:Химия, 1964.-704 с.
2. Итинская Н.И., Кузнецов Н.А. Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям.- М.:Колос, 1982.-208 с.
3. Wilde K., Glysantin Anti-Korrosion – ein neu entwiskelter Kuhlstoff der BASF fur die Kuhlssysteme modernes Automobil.-Motoren// MTZ: Motortech.Z.-1986.-S.21-22.
4. Hennig W. Regenerierung getrauchter Glysantin-wassermischungen//”Millitartechnik”.-1985.- Bd.4, N 3.-S. 107.
5. Павлов В.П. Автомобильные эксплуатационные материалы.-М.: Транспорт,1976. – 157 с.
6. Хитрюк В.А. Специальные жидкости для мобильной сельскохозяйственной промышленности. Челябинск: Челябинский университет, 1995.-126с.
7. Handbook “Merck”. Chemicals reagents. – Frankfurt, 2000.
8. Propilenglycol-based antifreeze debuts as a “safer” alternative// Chemical engineering.USA.- 1993.-N11.-19.
9. Раствор для замораживания//Коррозия и защита от коррозии: РЖ-11984.-N 10-с.83 –Ref. op.:Япон. Пат.кл. С09 5/00 Асахи дэнка когё к.к. Заявл.23.11.79, Оpubл. 31.03.81.
10. Aqueous propylene glycol coolant for heavy duty engines// Hercamp Richard D., Hydgens R.Douglas// SAF Techn./ Pap. Ser-1990.N 900434 С.47-77.
11. Баранник В.П., Ермачков А.С. «Экосол»: новый шаг России в страну тепла и холода// Химия и бизнес. 2000.-N 37.-74с.
12. Лезина Н.М. Исследование растворов хлорида лития как экологически чистого компонента низкотемпературных жидкостей – носителей тепла и холода:Автореф.дис.канд.хим.наук.- М.,1997,- 20с.
13. Баранник В.П., Кубышкина Е.К., Березовская Ю.М. Технологические характеристики хладагентов на основе ацетата калия// Торфяная промышленность.-М., 1991.- № 8.-С.43-45.
14. А.с.1527246 СССР,МКИ С09 5/00 Низкотемпературный теплоноситель/ Баранник В.П., Абдуллаева М.Д., Чен Т.Х.(СССР) Заявл.08.09.87.,Оpubл.07.12.89.
15. Абдуллаева М.Д., Богуславская И.В., Баранник В.П. Влияние ингибирующих добавок на коррозионное поведение алюминия в растворе карбоната калия// Защита металлов.- М.,1999.-№6.-с.1018-1020.

\* \* \* \*

Озубекова Р.А.,  
Аскарлова К.С.,  
Кучаров Х.,  
Тухтаев С.

### Получения нового дефолианта хлопчатника на основе трикарбамидохлората натрия и аминных солей

Препарат «Сихат» – один из широко применяемых в хлопководстве дефолиантов, выпускаемый в Республике Узбекистан на основе карбамида и хлората натрия. Действующим веществом его является комплексное соединение  $\text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  – трикарбамидохлорат натрия (ТКХН) [1].

Этаноламины и их соли благодаря наличию в их молекулах  $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$  этаноламинных групп, обладают ретардантными свойствами и усиливают эффективность активных компонентов дефолиантов [2, 3].

В связи с этим, для характеристики поведения ТКХН с этаноламинными солями, а также с целью обоснования процесса получения эффективных дефолиантов на их основе изучены растворимость и характер твердых фаз в системах:

ТКХН-2-хлорэтилфосфонатмоноэтанолламин (ХЭФ·МЭА) – вода (I);

ТКХН –2-хлорэтилфосфонатдиэтанолламин (ХЭФ·ДЭА) – вода (II);

ТКХН – 2-хлорэтилфосфонаттриэтанолламин- вода (III);

ТКХН – фосфатэтанолламин (ФЭА) – вода (IV).

Для исследования применяли ТКХН, синтезированный добавлением в плаву карбамида хлората натрия, в мольном соотношении 3:1. После образования прозрачного расплава охлаждением получали кристаллы исследуемого соединения с температурой плавления  $86^\circ\text{C}$ .

Фосфаты и 2- хлорэтилфосфонаты этаноламинов синтезировали аммонизацией 50%-ного раствора 2-хлорэтилфосфоновой кислоты и 88%-ной фосфорной кислот, этаноламинами. После выпарки растворов кристаллизацией и сушкой продуктов получали фосфаты и 2 –хлорэтил- фосфонаты этаноламинов.

Гетерогенное равновесие в исследуемых системах проводили визуально-политермическим методом [3]. Построены политермические диаграммы растворимости этих систем в широком температурном интервале в равнобедренном прямоугольном треугольнике. Концентрация растворов выражена в массовых процентах.

Система (I) исследована в интервале температур от  $-35,0^\circ$  до  $80,0^\circ\text{C}$ . Политермическая диаграмма ее характеризуется наличием полей кристаллизации льда, ХЭФ·МЭА, карбамида и ТКХН. Образование ТКХН в виде самостоятельной твердой фазы наблюдается, начиная с 40,2 %-ной концентрации ХЭФ·МЭА. В температурном интервале  $2,0-27,2^\circ\text{C}$  он совместно кристаллизуется из равновесного раствора. В системе ХЭФ МЭА кристаллизуется, в основном, при низких температурных интервалах в области, небогатой ТКХН.

Для системы (II) изучены шесть внутренних разрезов. На основе полученных данных построена диаграмма растворимости ее от полного затвердевания до  $80^\circ\text{C}$ . Согласно полученным данным, поверхность ликвидуса политермической диаграммы растворимости системы разбита линиями раздела на четыре поля кристаллизации твердых фаз; льда, карбамида, ТКХН и ХЭФ·ДЭА.

С повышением концентрации ХЭФ·ДЭА наблюдаются уменьшение поля кристаллизации карбамида и расширение области кристаллизации ТКХН.

Диаграмма растворимости системы (III) при температурах от  $-23,2^\circ\text{C}$  (полного затвердевания системы) до  $80^\circ\text{C}$  состоит из полей кристаллизации льда, карбамида, ТКХН и ХЭФ·ТЭА. Поля сходятся в двух невариантных узловых точках, отвечающих кристаллизации трех различных твердых фаз. Для этих точек определены состав равновесного раствора и соответствующие им температуры кристаллизации. Наибольший объем на политермической диаграмме принадлежит полю кристаллизации ХЭФ ТЭА, что указывает на малую растворимость его относительно других компонентов системы

Диаграмма состояния системы (IV) построенная при температурах от полного замерзания системы ( $-35,1^\circ\text{C}$ ) до  $100^\circ\text{C}$ , характеризуется наличием кристаллизации поля льда, ТКХН и ФЭА, которые сходятся в двух тройных точках совместного существования трех различных твердых фаз. Из диаграммы растворимости этой системы следует, что ТКХН в качестве самостоятельной твердой фазы кристаллизуется в интервале температур

18,0-86,0<sup>0</sup>С. При температурном интервале 18,0-27,8<sup>0</sup>С он кристаллизуется совместно карбамидом, а при 18,0-44,6<sup>0</sup>С – с фосфатэтаноломином.

Анализ диаграммы растворимости компонентов в изученных системах показывает, что в присутствии этаноламинных солей соединение ТКХН инконгруэнтно растворяется с образованием карбамида и хлората натрия. Повышение концентрации этаноламинных солей в системе приводит к уменьшению поля кристаллизации карбамида и расширению области кристаллизации ТКХН.

Особенностью этих систем является то, что введение в систему, насыщенную ТКХН, аминных солей значительно понижает температуру кристаллизации равновесного раствора и расплава, что способствует ведению технологического процесса получения дефолиантов путем добавления в расплав ТКХН аминных солей при более низких температурах.

На основе диаграмм растворимости изученных систем выбраны и проведены испытания на хлопчатнике ряда дефолирующих составов, содержащих ТКХН и этаноламинные соли. Установлено, что наиболее оптимальными являются следующие составы: - трикарбамидохлорат натрия: этаноламинные соли= (6,0-8,0): (0,02-1,5).

С целью разработки норм технологического режима и выдачи практических рекомендаций, производства дефолиантов на основе ТКХН и этаноламинных солей исследованы температура плавления и скорость плавления дефолиантов в зависимости от соотношения исходных компонентов. Результаты исследований показали, что с повышением содержания этаноламинных солей температура плавления дефолиантов понижается.

Дефолианты с соотношением ТКХН и этаноламинных солей (6,0-8,0) : (0,02-1,5) плавятся в интервале температур 76-85<sup>0</sup>С. В этих температурных условиях продукты в указанных соотношениях компонентов образуют гомогенные расплавы в течение 40-45 минут. По результатам этих исследований следует, что для получения дефолиантов на основе ТКХН и этаноламинных солей плавление исходных компонентов целесообразно осуществлять при температуре 85-90<sup>0</sup>С в течение 35-40 минут.

Изучением полного затвердевания полученных расплавов при температурах -20; -15; -10; -5; 0; 20<sup>0</sup>С установлено, что чем ниже температура, тем быстрее происходит полное затвердевание расплава продукта. С увеличением содержания аминных солей более 12,0% наблюдается затягивание процесса полного затвердевания расплава. Расплав ТКХН, содержащий 10,12% этаноламинных солей, полностью затвердевает в течение 37-43 секунд при -12, -15<sup>0</sup>С. Из полученных результатов вытекает, что оптимальной температурой кристаллизации расплава получаемых дефолиантов является -12, -15<sup>0</sup>С.

На основе изученных систем и приведенных технологических исследований рекомендована принципиальная технологическая схема получения дефолианта на основе ТКХН и этаноламинных солей.

Сущность предложенной технологии заключается в плавлении ТКХН и этаноламинных солей при их массовых соотношениях 1:0,1125 при 85- 90<sup>0</sup>С с последующей кристаллизацией полученного гомогенного расплава. На лабораторной установке наработан ряд образцов этих дефолиантов и проведены агрохимические испытания на средневолокнистом сорте хлопчатника «Наманган-77». Установлено, что полученные дефолианты, при норме расхода 8,0- 9,0 кг/га, «мягко» действуют на растения и вызывают 84,4- 89,5% опадения листьев.

#### Литература

1. А.С.1419104СССР.Трикарбамидохлорат натрия  $\text{NaClO}_3 \cdot 3\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , обладающий дефолирующей активностью /М.Н. Набиев, С. Тухтаев, Х. Кучаров и др. (СССР). - №4103846/31-04; заявл. 04.06.86; опубл. 22.04.88 г. (ДСП).

2. Ракитин Ю.В. Этилен как высокоэффективный дефолиант // Физиология растений. –1967. - т.14 .- №5. -936-938 с.
3. Зубкова Н.Ф., Маркина Л.Г. Роль этилена в дефилирующем действии 2-хлорэтилофосфоновой кислоты // Физиология растений. –1977. –Т.24. -№2. –380-383 с.
4. Трунин А.С., Петрова Д.Г. Визуально – политермический метод/ Куйбышевский полит. инст. – Куйбышев; 1977. –94 с. Рук. Деп. в ВИНТИ 6 февраля. –1978. №584-78.

\* \* \* \*

**Дыйканбаева Б.М.,  
Исмаилова Ч.Ш.,  
Бакалаева Л.М.**

### **Современные тенденции построения лабораторно – практических работ по курсу общей химии ЖаГУ**

Главными задачами высших учебных заведений являются обучение и воспитание студентов на научной основе. Быстрое развитие химической науки, непрерывное совершенствование химической аппаратуры, усложнение методов научного исследования – все это ставит перед преподавателями высшего учебного заведения задачу постоянного совершенствования учебного процесса и приведение его в соответствие с растущими требованиями науки и производства.

Высшее учебное заведение должно готовить творчески мыслящего специалиста, обладающего наряду с фундаментальной теоретической подготовкой знанием современной экспериментальной техники, навыками самостоятельной работы в коллективе, способностью обрабатывать и объяснять результаты своих исследований.( 5 )

В соответствии с новыми требованиями к содержанию обучения сегодняшнего студента возрастает роль практических работ в общем процессе обучения, правильная организация которых представляет неограниченные возможности для воспитания творчески мыслящего специалиста для формирования исследовательских качеств будущего работника.

В настоящей работе рассмотрены различные современные подходы к организации лабораторных работ в курсе общей химии с целью повышения их эффективности и сделаны попытки преломить основные тенденции построения практических работ к преподаванию общей химии в ЖаГУ.

Современный специалист немислим без теоретической подготовки. Но эксперимент всегда является питательной средой теоретических знаний. Без наблюдения и практического изучения процессов протекания химических реакций и их закономерностей нельзя прочно усвоить теоретические знания.

Все возрастающий уровень развития химической науки определяет повышение требования к практическим работам в курсе общей химии. Необходимо прежде всего постоянно следить за повышением научного уровня практических заданий. Вследствие этого содержанием практических работ является очень важным и требует внимательного отношения со стороны составителей.( 5 )

Для организации курса практических работ на высоком научном уровне их содержание должно охватывать все наиболее важные разделы общей химии : строение веществ и химическая связь, кинетические и термодинамические закономерности протекания химических реакций, химическое равновесие и свойства элементов.

Необходимость раскрыть перед студентами химию как систему научных знаний о свойствах веществ и закономерностях их превращений исходя из определения предмета

химии как науки о веществах и их изменениях заставляет более требовательно подойти к вопросам отбора содержания для практических работ. Так, наша программа практические работы в 2002 – 2003 уч. г. включает четыре важные раздела, охватывающие практически весь курс химии. Дополнительно вводится пятый раздел включающий элементы аналитической химии, так как этого требует специфика преподавания общей химии на аграрно – биологическом факультете.

- I. Закономерности протекания химических реакций.
  - 1) Стехиометрические закономерности протекания химических реакций (определение эквивалентного веса веществ).
  - 2) Энергетические закономерности протекания химических реакций (тепловые эффекты химических реакций).
  - 3) Кинетические закономерности (скорость и константа скорости химической реакции).
- II. Равновесие в растворах электролитов. Константа равновесия.
  - 1) Равновесие в растворах электролитов (слабые электролиты).
  - 2) Теория сильных электролитов произведения растворимости.
- III. Процессы переноса электрона при химических реакциях
  - 1) Окислительно-восстановительные процессы и окислительно-восстановительные потенциалы.
  - 2) Электрохимические свойства металлов.
- IV. Свойства элементов и их соединений (на основе периодического закона Менделеева и учения о строении веществ и химической связи).
  - 1) Переходные элементы
  - 2) Комплексные соединения (константа нестойкости комплексного иона).
- V. Идентификация элементов
  - 1) Качественный анализ катионов
  - 2) Хроматографический метод анализа элементов

Вместе с тем, курс практических работ должен быть составлен так, чтобы показать студенту основную систему методов химического исследования, используемых в современной науке. ( 1 )

Постановка практических работ на высоком научном уровне, отражающем достижения сегодняшней науки, и ориентирующем студента на постоянное усложнение и совершенствование техники эксперимента, является важной но не единственной задачей при организации учебного процесса. ( 4 )

На современном этапе в условиях быстрого, научно-технического прогресса стоит задача такой научной подготовки специалиста, которая обеспечила бы ему возможность на протяжении всей своей трудовой деятельности. Самостоятельно следовать за развивающейся наукой, приобретать новые знания. ( 4 )

Без самостоятельных творческих поисков и стремления преломить достижения теории и передового опыта в своей деятельности, без желания постоянно совершенствовать приемы своей работы не может быть хорошего специалиста. Поэтому необходимо развивать у студентов инициативу и навыки самостоятельной работы, умение работать с научной литературой, привить им стремление творчески подходить к решению профессиональных задач.

Практические занятия могут явиться средством обучения студентов с литературой. Для этого лабораторные занятия следует организовать так, чтобы при выполнении практических заданий студенты пользовались специальной химической литературой, справочниками, реферативными журналами. Нет необходимости приводить всю требующую информацию и справочные величины в описании практической работы. Нужно научить студента самостоятельно найти необходимые сведения, используя

соответствующие теоретические источники и справочники в поисках необходимой научной информации.

Современный процесс интеграции науки, сближения различных отраслей производства ставит перед преподавателями высших учебных заведений задачу воспитания у будущих работников науки способности коллективного исследования, когда каждый специалист выполняет свой участок работы, изучает исследуемый объект методами, специфическими для данной науки (химии, биологии, физики), но все вместе они создают единую картину изучаемого явления. Средством воспитания исследовательского коллективизма может явиться практикум при надлежащем способе проведения лабораторных занятий. (5)

Надо внедрять на практических занятиях методы группового эксперимента, когда группе студентов поручается выполнение большой практической работы с тем, чтобы студенты сами распределяли между собой отдельные участки выполнения задания, сами контролировали их выполнение.

Коллективные формы работы в практикуме подготавливают студентов к будущей работе. Это важный социально-психологический аспект практических занятий, позволяющий наилучшим образом сочетать коллективные формы учебной деятельности с индивидуальными. Каждая такая маленькая группа имеет свой объект исследования.

Например, в задании по определению тепловых эффектов реакций нейтрализации каждая группа имела различное сочетание кислот и оснований;

Различные сильные кислоты различными сильными основаниями, слабые кислоты сильными основаниями, слабые основания слабыми кислотами. После проведения эксперимента студенты маленьких групп проводят коллективное обсуждение результатов, полученных в каждой группе, что позволяет им сделать ряд общих коллективных выводов о тепловых эффектах широкого класса, исследованных объектов. Например, о том, что:

- 1) тепловые эффекты реакций нейтрализации всех сильных кислот сильными основаниями одинаковы.
- 2) тепловые эффекты реакции нейтрализации слабых кислот (оснований) различны.
- 3) тепловой эффект реакции нейтрализации сильных кислот сильными основаниями определяется тепловым эффектом реакции образования воды, а в случае реакции нейтрализации слабых кислот тепловой (оснований) эффект реакции нейтрализации сопровождается тепловым эффектом диссоциации слабой кислоты (слабого основания), а иногда и эффектом гидратации ионов.
- 4) о различном характере диссоциации сильных и слабых кислот (оснований) (3)

Большую роль для постановки практикума на высоком, научном уровне приобретает форма организации лабораторных заданий. Среди современных тенденций в организации практических работ наибольшее значение для воспитания исследовательских качеств будущих специалистов имеет исследовательский метод. Эта форма проведения занятий открывает широкие возможности для развития у студентов творческого начала. В общем случае работа студентов в практикуме не может считаться творчеством, но психологически очень важно, чтобы решение задач, установление определенных закономерностей и т.д. переживалось студентом как открытие, как результат, к которому он пришел сам. Такое отношение к выполнению лабораторной работы оказывает определенное воспитательное влияние на студента и формирует творческие качества обучаемого. По-видимому, от обычных трафаретных работ следует переходить к небольшим заданиям-исследованиям. В этом случае группе студентов предлагается общее задание, затем они обсуждают, что необходимо знать для выполнения задания и вместе выбирают путь решения. (2)

Интересен подход к организации практических работ, в основу которых положено стремление показать, что наука состоит из наблюдения, выводов и сообщения (отчета).

Химическое исследование также имеет эти три аспекта, которые и должны явиться первостепенными воспитательными моментами в курсе химического практикума.

Цель этого подхода – дать студенту общий метод решения научных проблем в приложении к практике химического исследования. При такой форме организации практических работ первый цикл опытов подбирается так, чтобы студенты научились вести экспериментальное наблюдение, другой цикл опытов дает возможность на основании ранних наблюдений научиться делать выводы относительно изучаемых явлений.

Третьим этапом работы является выработка умения вести рабочий протокол и представлять результаты проделанной работы в виде научного отчета (статьи). При этом студенты учатся собирать экспериментальные данные и делать выводы из своих наблюдений, представлять результаты эксперимента в виде научного отчета.

Очень важно для практики научного исследования научить студентов обрабатывать результаты своих наблюдений. Студентов следует приучить к точной экспериментальной работе с обязательной математической обработкой полученных данных и графической интерпретацией их. Будущие специалисты должны овладеть современными методами обработки результатов.

Большую популярность приобретает сейчас проблемный метод обучения как источник и стимулятор мыслительной активности студентов. Применение этого метода возможно и при проведении практических работ. В этом случае задания следует строить в форме противоречий, получая в результате эксперимента неожиданный результат объяснить который студент не может на основе имеющихся у него знаний. Это побуждает его обратиться к изучению соответствующего теоретического материала для разрешения возникающего противоречия. Знания приобретенные студентом в поисках ответа для разрешения проблемной ситуации, усваиваются более прочно и эффективно. ( 4 )

Так, в работе « Изучение степени диссоциации электролитов криоскопическим методом » студенты изучают понижение температуры замерзания раствора глюкозы и хлористого натрия одинаковой моляльной концентрации. При этом обнаруживается, что при одинаковой моляльной концентрации изучаемых растворов понижение температуры замерзания в растворе хлорида натрия приблизительно в два раза больше, чем в растворе глюкозы. Возникает проблемная ситуация, когда студент сам должен объяснить причину наблюдаемого явления, что побуждает его обратиться к литературе по изучаемой проблеме и увидеть причину наблюдаемого различия в диссоциации хлорида натрия на ионы тогда, как глюкоза является не электролитом. После решения этой проблемной ситуации студент обнаруживает, что степень диссоциации электролита не равна 100%. Возникает другая проблемная ситуация, требующая для своего решения привлечения теории сильных электролитов, что опять побуждает студента к деятельному поиску информации для разрешения возникшей проблемы.

Практика проведения лабораторных работ таким образом показывает, что у студентов повышается интерес к изучаемому материалу, улучшается его усвоение.

### Заключение

Повышение эффективности курса практических работ и постановки их на высоком научном уровне диктуется возрастающими требованиями к качеству выпускников высших учебных заведений.

Перечисленные выше современные тенденции в организации практических занятий позволяют воспитать в будущих специалист так качества, необходимые для работы в науке и на производстве.

## Литература

1. Глинка Н.Л. общая химия М., Химия, 1973
2. Ильина Т.А. Структурно-системный подход к организации обучения. М, Знание, 1972
3. Сокольский Е.М. Практикум по общей химии. Изд-во МГУ, 1973
4. Матюшкин А.М. Проблемные ситуации о мышлении и обучения, М, 5. Талызина Н.Ф. Научные основы преподавания химии в высшей школе. Изд-во МГУ, 1978 Педагогика, 1972

\* \* \* \*

Туленбаева М.А.,  
Салиева К.Т.,  
Камалов Ж.К.,  
Боркочев Б.М.

### Взаимодействие хлорида меди с ацетамидом в спиртовой среде

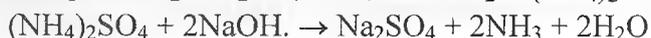
Комплексный ион меди ( $\text{Cu}^{2+}$ ) (II) имеет очень большое значение в качестве катализатора во многих окислительных и других процессах, уступая по важности только железу. Медь входит в состав нескольких ферментов и образует с ними в организмах достаточно распространенные медьсодержащие соединения, биологическая роль которых связана с процессами гидроксирования, окислительного катализа, переноса кислорода и электронов. Ионы меди в малом количестве содержится в крови (эритроцитах) и активизирует железа, при образовании гемоглобина, входят в состав ряда ферментов. А также влияют на ферментативную деятельность растений, содействуют значительному увеличению в них количеств белков, крахмала и жиров [1].

Ацетамид ( $\text{CH}_3\text{CONH}_2$ ), является биологически активным лигандом, а комплексные соединения ацетамида используются в качестве противоопухолевых биологически активных лекарственных препаратов в фармакологии, стимуляторов роста растений [2].

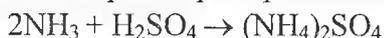
Настоящая работа посвящена изучению взаимодействия хлорида меди с ацетамидом в спиртовой среде методом изотермической растворимости при  $25^\circ\text{C}$ .

В качестве исходных компонентов использованы реактивы  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$  марки «х.ч.», «ч.д.а.», спирт этиловый медицинский 96%.  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  предварительно обезвоживали [3], а этиловый спирт абсолютизировали [4]. Ацетамид очищали по методике [3,4].

Методика исследования состоялось в следующем: реакционный герметично закрытый сосуд, в котором твердая фаза находилась в избытке, поместили в термостат при  $25^\circ\text{C}$ . Содержимое перемешивалось стеклянной палочкой – мешалкой, проводимое в движение электромотором. Равновесие определяли аналитически: однородность кристаллов твердой фазы контролировали под микроскопом. Твердый осадок отделяли от жидкой фазы через фильтр Шотта № 3,4 насосом Камовского. Все анализы проб проводили в параллельных определениях. Ионы металла в жидкой и твердой фазе определяли трилоном Б в присутствии индикатора мурексида [5]. Содержание азота определяли методом Кельдаля [6]. Сущность метода заключается в следующем: пробу жидкой фазы и твердого остатка исследуемой системы сжигаем кипячением концентрированной серной кислотой, образующиеся двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ ) улетучивается, а азот переходит в аммонийную соль. Аммонийная соль разрушается щелочью при нагревании:



Аммиак отгоняют в приемник, где он поглощается отмеренным объемом титрованного раствора серной кислоты.



Остаток кислоты, не вошедший в реакцию обратно оттитровывают рабочим раствором гидроксида натрия в присутствии индикатора Конго красного. По количеству связанного аммиака с серной кислотой вычисляют содержание азота.

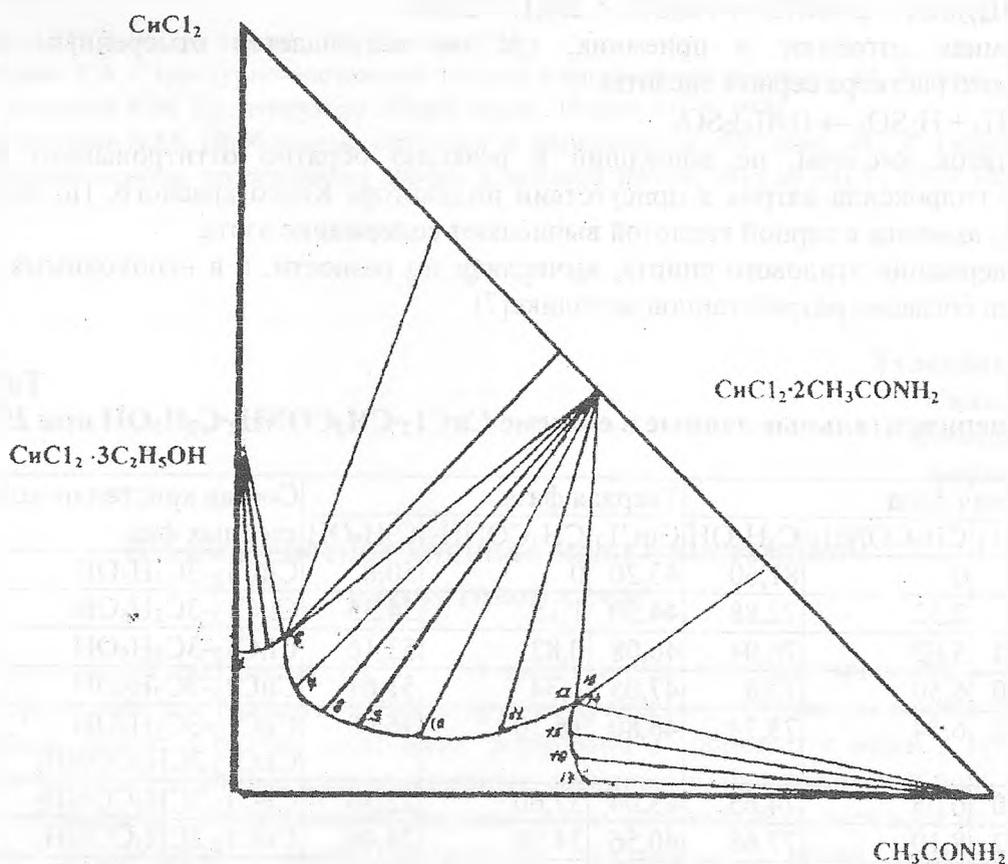
Содержание этилового спирта, вычисляли по разности, а в необходимых случаях определяли согласно разработанной методике [7].

Таблица 1.  
Экспериментальные данные в системе  $\text{SiCl}_2 \cdot \text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  при  $25^\circ\text{C}$

№	Жидкая фаза			Твердая фаза			Состав кристаллизации твердых фаз
	$\text{SiCl}_2$	$\text{CH}_3\text{CONH}_2$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$\text{SiCl}_2$	$\text{CH}_3\text{CONH}_2$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	
1.	18,4	0	81,60	43,20	0	50,8	$\text{SiCl}_2 \cdot 3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
2.	18,6	2,52	72,88	44,50	1,15	34,35	$\text{SiCl}_2 \cdot 3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
3.	18,94	5,02	76,04	46,08	0,82	53,16	$\text{SiCl}_2 \cdot 3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
4.	19,70	6,50	73,8	47,05	1,34	51,61	$\text{SiCl}_2 \cdot 3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
5.	19,72	6,54	73,74	46,80	16,30	36,90	$\text{SiCl}_2 \cdot 3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ $\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$
6.	19,30	6,05	74,65	45,04	37,60	22,36	$\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$
7.	18,22	8,10	77,68	40,56	34,98	24,46	$\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$
8.	11,14	10,86	78,00	48,50	44,20	7,30	$\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$
9.	9,50	15,78	74,72	46,30	43,17	10,40	$\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$
10.	8,80	24,04	70,16	47,10	42,35	10,55	$\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$
11.	9,20	34,60	56,20	44,50	45,03	10,47	$\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$
12.	12,21	43,80	43,99	44,56	46,80	8,64	$\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$
13.	12,20	43,78	44,02	17,78	52,92	29,3	$\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$ + $\text{CH}_3\text{CONH}_2$
14.	12,18	43,86	43,86	2,45	92,54	5,01	$\text{CH}_3\text{CONH}_2$
15.	8,40	43,50	48,10	2,05	94,08	3,87	$\text{CH}_3\text{CONH}_2$
16.	3,36	43,90	49,75	2,34	93,20	4,46	$\text{CH}_3\text{CONH}_2$
17.	3,16	45,04	51,80	1,70	90,15	8,15	$\text{CH}_3\text{CONH}_2$
18.	0	47,22	52,78	0	100	0	$\text{CH}_3\text{CONH}_2$

Результаты экспериментальных данных исследования системы  $\text{SiCl}_2 \cdot \text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  сведены в таблице 1 в массовых процентах и на их основе построены диаграммы растворимости по методу Скрейнмакенса [8].

Диаграмма растворимости системы состоит из трех ветвей кристаллизации. Первая ветвь (точки 1-4) соответствует выделению в твердую фазу кристаллосольвата состава  $\text{SiCl}_2 \cdot 3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . При этом растворимость хлорида меди в спирте в присутствии ацетамида повышается от 18,40% до 19,70%. Точка 5 является эвтонической и содержит исходных компонентов  $\text{SiCl}_2$  - 19,72%,  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$  - 6,54%,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  - 73,74%.



Кристаллизации соединения  $\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  из равновесных растворов соответствует вторая ветвь (точки 6-12). Область выделения этого комплекса охватывает участок кривой растворимости по  $\text{SiCl}_2$  в пределах 19,30 – 12,21%, по  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$  6,05-43,80%. Молекулярный состав этого соединения подтверждается пересечениями прямолинейных лучей, связывающих составы жидкой и твердой фазы в соответствующей точке диаграммы. Соединения выделяется при следующем содержании компонентов в растворе: 53,19%  $\text{SiCl}_2$  и 46,72%  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$ . Состав соединения, найденный химическим анализом, хорошо согласуется с теоретически рассчитанным составом: 53,23%  $\text{SiCl}_2$  и 46,77%  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$ . Линия, соединяющая точку комплекса, с началом координат, пересекает его ветвь, указывая тем самым на его конгруэнтное растворение в этиловом спирте. Вторая ветвь заканчивается эвтонической точкой 13, состав равновесного раствора которой выражается содержанием: 17,78%  $\text{SiCl}_2$ , 52,92%  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$  и 29,3%  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . Твердый «остаток» этой точки представлен кристаллами двух различных видов.

Следующая ветвь (точки 14-18) отвечает выделению кристаллов чистого ацетамида. Содержание компонентов в растворе по  $\text{SiCl}_2$  12,18 – 0 %, по  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$  43,86-52,78 %.

Как видно из таблицы 2, результаты элементного анализа хорошо согласуется с теоретически рассчитанными данными. Полученное новое комплексное соединение  $\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  – кристаллическое вещество сине-бирюзового цвета.

С целью идентификации и подбора индифферентного растворителя для установления относительной плотности полученных кристаллов соединений определяли растворимости методом по разности весов [9].

Таблица 2.

Результаты элементного анализа  $\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$ .

№	Навеска, мг	С, %	Н, %	Н, %	Зольный остаток, %
Экспериментально найденное:					
1.	5,180	12,17	5,31	7,981	22,78
2.	5,320	11,72	5,97	8,001	22,09
Теоретически рассчитанное:					
1.		13,76	5,775	8,0215	23,60

Таким образом, методом изотермической растворимости получено соединение  $\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$ .

Соединение  $\text{SiCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  хорошо растворяется в воде, спирте, немного в ацетоне. В бензоле, хлороформе и четыреххлористом углероде практически не растворяется.

## Литература

1. Аликберова Л.Ю., Савинкина Е.В. Рук Полиiodатные комплексы ацетамида//ЖНХ. т. 30 № 5 1990,
2. Иманакунов Б.И. Взаимодействие ацетамида с неорганическими солями. Фрунзе: Илим, 1972, 158с
3. Рабинович В.А., Хавиц З.Я. Краткий химический справочник. Л. Химия. 1991. с.43.
4. Карякин Ю.В., Ангелов И.И. Чистые химические вещества. Москва. Химия. 1974.
5. Пришлбл З. Комплексоны в химическом анализе. М. Наука. 1960. 580с.
6. Davies M., Hall am H.E.// Trans. Farady Soc.-1951 T.47.F.70-71.
7. Климова В.А. Основные микрометоды анализа органических соединений. М. Химия. 1975. 273с.
8. Аносов В.А. Начертательная геометрия в применении к химическим диаграммам
9. тройных и четвертных систем. М. изд. АН. СССР. 1949. с.121-140.
10. Воскресенский П.И. Техника выполнения лабораторных работ. Москва. Химия 1973.

\* \* \* \*

Туленбаева М.А.

### Квантово-химический расчет комплекса хлорида меди с ацетамидом

Для анализа и изучения строения, свойств координационных соединений сейчас стало возможным широкое применение расчетных методов исследования. В настоящее время расчетные методы квантовой химии позволяют математически точно описать любые экспериментально наблюдаемые молекулярные взаимодействия, определить равновесные геометрические параметры и оценивать ряд физико-химических величин комплексов.

Свойства координационных соединений металлов обусловлены различными пространственными строениями комплексов и способами связывания лигандов, например ацетамидом. При координации в комплексах переходных металлов молекула ацетамида

выступает в качестве монодентатного лиганда, при этом координация осуществляется через атом кислорода [1].

Для оценки электронного состояния ацетамидных комплексных соединений можно использовать полуэмпирические MNDO –подобные (MNDO, PM3, ZINDO/1) методы расчета, которые дают полное описание атомных и молекулярных структур комплексов, образованных d – элементами [2].

Настоящая работа посвящена теоретическому исследованию методом ZINDO/1 структуры комплексного соединения хлорида меди с ацетамидом  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  и сравнительному анализу с электронным строением комплексного соединения  $\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$ . Структура комплекса  $\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  квантово-химическим методом определено в работе [3].

Равновесная конфигурация комплекса  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  показана на рис 1. В таблице 1 приведены геометрические параметры комплексов меди и цинка с ацетамидом.

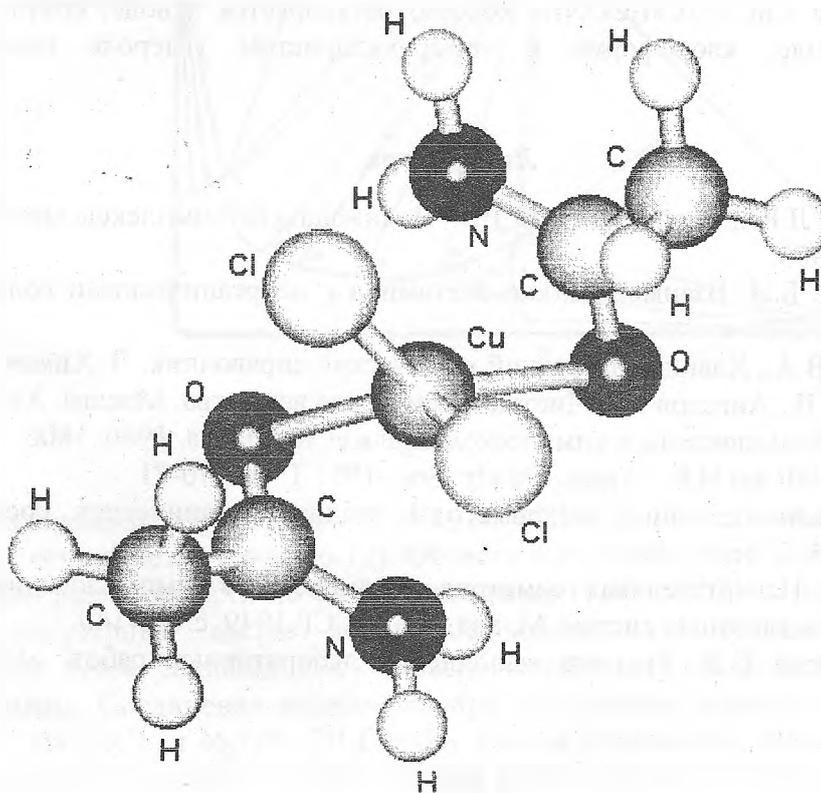


Рис 1. Равновесная конфигурация комплекса  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$

В комплексе  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  две молекулы ацетамида координируются монодентатно к центральному атому меди через атомы кислорода. При этом в комплексе, как показали расчеты, молекула ацетамида имеет транс-конформацию. Центральный атом меди соединяется с атомами хлора и двумя молекулами ацетамида, образуя группировку из атомов  $\text{Cu}$ ,  $2\text{Cl}$ ,  $2\text{O}$ , которая представляет собой искаженный тетраэдр близкий к плоскостному строению. Отклонение от тетраэдрического угла для межсвязового  $\angle \text{ClCuO}$  составляет  $40^\circ$ . В комплекс  $\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  аналогичная группировка атомов вокруг атома металла имеет более правильную тетраэдрическую структуру. Тетраэдрический угол  $\text{ClZnO}$  равен  $107^\circ$ .

Если сравнить геометрические параметры комплексов  $\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  и  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$ , то происходит следующие изменения: длина связи  $\text{C}=\text{O}$ ,  $\text{C}-\text{N}$ ,  $\text{Cu}-\text{O}$ ,  $\text{Cu}-\text{Cl}$  удлиняется на  $0,057\text{Å}$ ,  $0,024\text{Å}$ ,  $0,093\text{Å}$ ,  $0,143\text{Å}$ , наоборот длины связей  $\text{C}-\text{C}$ ,  $\text{C}-\text{H}$  укорачивается на  $0,045\text{Å}$  и  $0,006\text{Å}$  соответственно.

Геометрические параметры комплексов  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  и  $\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$ 

Связи	Длина связи, в Å		Угол	Угол, в градус.	
	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$	$\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$		$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$	$\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$
Si-O	2,133	-	O-Si-O	-	-
Cu-Cl	2,393	-	Cl-Cu-Cl	54,8	-
C=O	1,307	1,25	Cl-Cu-O	138,8	-
C-C	1,455	1,5	Cu-O-C	109,4	-
C-H	1,096	1,1	O-C <sup>1</sup> -C <sup>2</sup>	124,0	-
C-H	1,106	1,1	O-C-N	115,0	119,7
C-N	1,394	1,37	N-C <sup>2</sup> -C <sup>1</sup>	120,6	118,4
N-H	1,048	1	C <sup>1</sup> -N-H <sup>1</sup>	120,0	123,0
N-H	1,045	1	C <sup>2</sup> -N-H <sup>2</sup>	119,5	121,8
Zn-O	-	2,04	H <sup>5</sup> -C-H <sup>4</sup>	109,7	107,84
Zn-Cl	-	2,25	H <sup>4</sup> -C-H <sup>3</sup>	108,7	107,84
			C <sup>2</sup> -C <sup>1</sup> -H <sup>3</sup>	105,6	-
			H-N-H	113,8	115,2
			O-Zn-O	-	106,24
			O-Zn-Cl	-	105,26
			Cl-Zn-Cl	-	124,8

Величины эффективных зарядов на атомах комплекса  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  и  $\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  приведены в таблице 2.

Таблица 2

Эффективные заряды на атомах комплексов  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  и  $\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$ 

Атом	Эффективные заряды		Атом	Эффективные заряды	
	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$	$\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$		$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$	$\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$
Si	0,007	-	Zn	-	0,586
Cl	-0,322-0,321	-0,524	H <sup>1</sup>	0,212	0,029
O	-0,375	-0,361	H <sup>2</sup>	0,189	0,043
C <sup>1</sup> C <sup>4</sup>	-0,249	0,021	H <sup>3</sup>	0,088	0,197
C <sup>2</sup> C <sup>3</sup>	0,502	0,424	H <sup>4</sup>	0,103	0,221
N1	-276	-0,372	H <sup>5</sup>	0,164	
N2	-279	-0,372			

В комплексе  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  отрицательно заряжены атомы хлора, кислорода, азота, и углерода метиловой группы лиганда, а положительно заряжены атомы меди, углерода и водорода. Сопоставление рассчитанных эффективных зарядов на атомах комплексов  $\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  и  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2$  (таблица 2) показывает, что атом цинка более полярен, чем атом меди. Заряд цинка почти на 0,58e больше, чем заряд атома меди. Атомы хлора имеют большой эффективный заряд (-0,524e) в комплексе цинка, чем в комплексе меди (-0,322e). Наблюдается большой вклад ионной составляющей в образовании связи Zn-Cl, чем Si-Cl, поэтому связи Zn-Cl менее прочны, чем связи Si-Cl. Это согласуется и с экспериментальными данными в последовательности порядка

устойчивости комплексов Ирвинга-Уильямса среди двух валентных ионов медь образует самый устойчивый комплекс [4].

Таким образом, полуэмпирический квантово-химический расчеты устойчиво воспроизводят пространственное изменение строение комплексных соединений переходных металлов с ацетамидом, и дает удовлетворительное согласие с экспериментальными данными.

### Литература

1. Иманакунов Б.И. Взаимодействие ацетамида с неорганическими солями. Фрунзе.: Илим, 1972 с.158.
2. Камалов Ж.К., Мурзубраимов Б.М. Электронное строение и колебательные спектры комплексных соединений цинка, ртути и никеля с семи- и тиосемикарбазидом. Ош: ОшГУ, 2003.-176с.
3. "Оптимизированная геометрия комплексного соединения хлорида цинка с ацетамидом" / Камалов Ж.К., Туленбаева М.А., Салиева К.Т., Боркоев Б.М // Вестник ОшГУ, -2002. -№5. с.70-73.
4. Ф.Коттон, Дж.Уилкинсон «Современная неорганическая химия.» Москва изд. «Мир» т.3. 1969г.

\* \* \* \*

Алтыбаева Д.Т.,  
Исмаилов А.Э.,  
Апышева А.Р.

### Термическая устойчивость соединения $\text{CoCl}_2 \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и продукты их разложения

Методом растворимости [1], ИК-спектроскопии, рентгенофазовым анализом, исследованы равновесия и твердые фазы в системе хлорид кобальта - гексаметилентетрамин - вода при 30°C. Установлено образование конгурэнтно растворимого соединения  $\text{CoCl}_2 \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , в котором донором электронов служит атом азота гексаметилентетрамина [2].

Рентгеноструктурным анализом монокристаллов определена структура  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} \cdot 2\text{Cl}^- \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Сингония кристалла триклинная. Параметры элементарной ячейки:

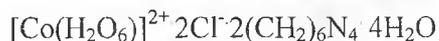
$$\begin{array}{ll} a = 9,3437 (19) \text{ \AA} & \alpha = 119,49 (3)^\circ \\ b = 9,5304 (10) \text{ \AA} & \beta = 101,10 (3)^\circ \\ c = 9,5469 (19) \text{ \AA} & \varphi = 94,08 (3)^\circ \end{array}$$

Пространственная группа P1. Объем 712,3  $\text{Å}^3$ , плотность 1,367 г/см<sup>3</sup>. Кристаллы прозрачные, розовые, имеют форму пластинок. Для рентгеноструктурного анализа были использованы кристаллы 0,3 x 0,4 x 0,35 мм<sup>3</sup>. Кристаллы были выращены методом изотермического испарения из водного раствора, содержащего  $\text{CoCl}_2$ ,  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в соотношении 1:2:10. Смесь готовилась препаративным методом и в течении нескольких часов происходило полное растворение с помощью магнитной мешалки. Кристаллы построены из двух зарядных катионов  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  и двух анионов хлора и двух молекул

гексаметилентетрамина и 10 молекул воды. Ион кобальта гексагонально окружен атомами кислорода, шести молекул воды, а 4 молекулы воды находятся во внешней сфере, через кобальт – кислородно – водородную связь происходит образование кристаллической решетки, определенную роль в образовании кристалла играет хлор – водородная связь с молекулами гексаметилентетрамина и водородом молекулы воды.

Таблица 1

Кристаллографические данные для соединения



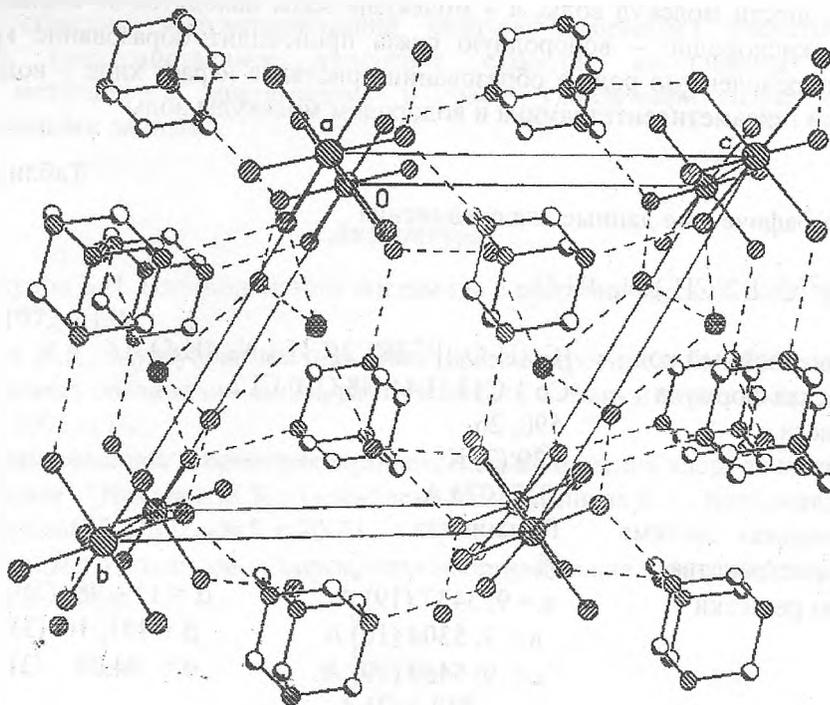
Идентификационный код	$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O}_6)]^{2+} \cdot 2\text{Cl}^- \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	
Эмпирическая формула	Co 1 Cl 2 H 44 N 8 O 10 Cl 2	
Формула веса	590, 26	
Температура	239 (2) К	
Валентность	0, 71073 Å	
Кристаллическая система	Триклинная	
Группа пространства	P1	
Параметры решетки	$a = 9, 3437 (19) \text{ \AA}$	$\alpha = 119, 49 (3)^\circ$
	$b = 9, 5304 (10) \text{ \AA}$	$\beta = 101, 10 (3)^\circ$
	$c = 9, 5469 (19) \text{ \AA}$	$\varphi = 94,08 (3)^\circ$
Объем	$712,3 (2) \text{ \AA}^3$	
Z	1	
Плотность (расчитанная), г/см <sup>3</sup>	1,367	
Коэффициент абсорбции	$0, 705^{-1}$	
F (000)	311	
Размер кристалла, мм <sup>3</sup>	0,3 x 0,4 x 0,35	

Изучен процесс термического разложения комплексов хлорида кобальта с гексаметилентетрамином. Найдено, что комплексы разлагаются до окисления до хлорида кобальта с его последующим окислением до  $\text{Co}_3\text{O}_4$ .

Идентифицированы твердофазные промежуточные продукты термолиза методами ИК-спектроскопии и рентгенографии. Показано, что при сжигании  $\text{CoCl}_2 \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  на малоуглеродистой стали образуется оксид железа (III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Co}_3\text{O}_4$  окись-закись кобальта, а в чашке  $\text{Co}_3\text{O}_4$ .

Рентгенограмма остатка и ИК-спектроскопия указывают на их образование на основании изложенных выше данных заключить, что при разложении комплексных соединений на пластинке образуется оксид железа (III) и наиболее устойчивые оксиды кобальта. Состав твердого остатка зависит от температуры, которая образуется при разложении органического лиганда, в нашем случае от гексаметилентетрамина.

Кристаллическая структура соединения  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} \cdot 2\text{Cl}^- \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$



#### Литература

Климова В.А. Основные микрометоды анализа органических соединений. – М; Химия. – 1975, 223 с.

Актанова С.Т. Соединения гексаметилентетрамина с хлоридами, сульфатами кобальта, никеля и меди. кандидатская диссертация. Фрунзе, 1971, 88 с.

\* \* \* \*

Закиров А.З.

### Пути оздоровления экологического состояния регионального агропромышленного комплекса

Человечество как биологический вид и социальная общность неразрывно связано с процессами, происходящими в окружающей среде, и во все возрастающих масштабах черпает из нее ресурсы, загрязняет отходами, продуктами жизнедеятельности. Эта «оболочка жизни» находится в постоянном движении веществ, совершающих круговорот органических веществ в цепочке: почва – растения – животные – человек – почва (сток), а также неорганических веществ в рамках других цепочек естественного круговорота, ибо природа создала механизмы постоянного круговорота основных химических элементов между неживыми и живыми компонентами окружающей среды в биосфере. Поэтому, в новых условиях хозяйствования, изучение и решение проблем экологии в региональном АПК является актуальным и необходимым.

Важнейшим свойством земли как средства производства является ее плодородие. От природы земля обладает естественным плодородием, определяемым запасами питательных

веществ, их доступностью для растения, физическими, механическими и другими свойствами ее почвенного слоя, сформировавшегося на исходных породах в условиях определенного климата.

Однако производственная ценность земли определяется не только естественным плодородием. Под воздействием человека формируется искусственное плодородие. Роль человека и применяемых им средств производства постоянно растет и становится решающим элементом земледелья.

Способность конкретной почвы удовлетворять потребности растений, достигнутая как в результате мобилизации ее природных ресурсов, так и путем пополнения недостающих питательных веществ, улучшения ее физических свойств с помощью обработок, мелиорации и т.д., называется экономическим (эффективным) плодородием, то есть экономическое плодородие есть единство естественного и искусственного плодородия.

Анализ показывает, что земля, особенно сельскохозяйственного назначения, ограничена, а население страны систематически растет, часть земель переходит в категорию несельскохозяйственного использования, в связи с промышленным, гражданским, сельскохозяйственным и дорожным строительством. Поэтому сохранение и повышение почвенного плодородия, прекращение отвода поливных земель, борьба с загрязнением земель отходами сельскохозяйственного производства, горючим, с заболачиванием и закустариванием земель становится сегодня актуальным вопросом.

#### Земельные площади Ошской области (га)

Табл. 1

№		2000г.	2002г.	2004г.	2005г.
1	Общая площадь	29116338	2911638	2896596	2893455
2	Пашня, всего	180745	180606	177028	176946
3	из них: орошаемое	90023	89884	72904	72660
4	богарное	90772	89137	87891	87546
5	Сенокос	73440	89400	72904	72660
6	Пастбище	1402008	1402008	1397651	1397607
7	Другие угодья	1255445	1255607	1249013	1246242

Так, всего по Кыргызстану заболочены 3114 кв. км поливных земель, в том числе Чуйская область 1700 кв. км, Таласская область 200 кв.км, Иссык-Кульская область 600 кв.км, Нарынская область 448 кв.км, Ошская область 135 кв.км, Джалал-Абадская область 31 кв.км. При неправильно построенных мелиоративных сооружениях, повышается уровень грунтовых вод, вызывающих засоление и заболачивание орошаемых участков. Например, в результате строительства Андижанского водохранилища, в Карасуйском районе, Узгенском районе затоплены более 500 га поливных земель и выведены из сельскохозяйственного оборота.

Орошаемые земли районов Ошской области расположены в Ферганской долине, в пределах бассейна реки Сыр-Дарья. Характеризуется сложным рельефом и охватывает равнинную территорию Ферганской долины, предгорья и межгорных впадин тектонического происхождения.

В состав Ошской области также входят земли, которые относятся к бассейну реки Аму-Дарья. Эти земли расположены в Алайском, Чон-Алайском районах по долинам реки Аму-Дарья. Высокогорная Алайская долина характеризуется очень холодным засушливым климатом с постоянными горными ветрами, вследствие чего образуется сухость и недостаток тепла. Здесь развиваются высокогорные бурые, пустынно-степные, каштановые и каштановидные почвы.

Интенсивная система земледелия и животноводства, ведущая к росту урожайности полей и продуктивности животных, предполагает улучшение качества обработки земли и содержания скота, увеличение добавочных вложений живого и овеществленного труда в один и тот же участок земли на основе научно-технического прогресса.

На территории Ошской области построены водохранилища: Папанское – объемом 260 млн/м<sup>3</sup> с площадью зеркала воды 710 га, Найманское – объемом при НПУ 39 млн./м<sup>3</sup> и площадью зеркала 390 га, Андижанское объемом 1 млрд. 760 мл, площадью зеркала 4500 га (юрисдикция Андижанской обл., Узбекской Республики). Строительство водохранилищ обеспечивает более полное использование водных ресурсов. Но кроме «запрограммированных» изменений в природных условиях появляются побочные следствия, не всегда положительные. Полезные свойства водохранилищ очевидны и широко известны. Менее очевидны некоторые отрицательные стороны, так как их проявления характеризуется латентным, «скрытым» периодом. Поэтому остановимся вкратце именно на них, тем более, что они взаимосвязаны с окружающей средой. Гидротехническое строительство с устройством плотин и водохранилищ, меняет режим рек и резко изменяет гидрогеологическую обстановку. В районе водохранилища затопляется местность, переформируется берега. Над акваторией и на прилегающих территориях (на удалении 10 км и более, в зависимости от площади зеркала водохранилища) изменяется метеорологический режим. Меняется видовой состав и экологические формы флоры и фауны, изменяется численность и характер распространение местных видов, вырабатываются новые пути миграции, видоизменяются прежние биоценозические отношения и некоторые черты биологии растений и животных. Повышение уровня грунтовых вод, с одной стороны, ведет к заболачиванию прилегающих к водохранилищу территорий, с другой – к развитию глеевых процессов в почве, которые выражаются в выносе из верхних горизонтов почвы глинистых частиц, окислов железа и алюминия, щелочных и щелочноземельных элементов.

Многие из процессов, происходящих в водохранилищах и в окружающей природной среде, непосредственно влияют на судьбу природных очагов болезней. Основные аспекты этого влияния можно сформулировать следующим образом:

- изменения экологической обстановки на поверхности водоемов, обуславливающие трансформацию условий выплывания и развития гидрофильных кровососущих членистоногих – переносчиков возбудителей малярии, онхоцеркоза и др. На территории Ошской области эти условия могут создаваться в Найманском и Андижанском водохранилищах.

- изменения экологической обстановки в прибрежной зоне водохранилищ, сказывающиеся на образе жизни обитающих здесь мелких позвоночных животных и их эктопаразитов-хозяев и переносчиков возбудителей различных природно-очаговых инфекций. В наших природно-климатических условиях это возможно прежде всего в зоне Андижанского водохранилища, в меньшей степени – Найманского и проблематично для Папанского.

- изменения экологической обстановки внутри водоемов, влекущие за собой преобразование условий обитания моллюсков, ракообразных и рыб и, как следствие, формирование в таких водоемах эндемичных очагов различных гельминтозов. Эти процессы интенсивно идут в Андижанском и Найманском водохранилищах.

В условиях горных территорий вырубка лесов, распашка почв и перегрузка скотом пастбищ на склонах гор привели к интенсивному разрушению почвенного покрова, образованию селей, оползней и лавин, заилению водных объектов продуктами эрозийного разрушения почво-грунтов. В настоящее время эрозии подвержено 51% сельскохозяйственных угодий или 825,1 тыс.га.

**Показатели мелиоративного кадастра  
Ошской области по состоянию на 1-января 2004 года**

Табл. 2

Наименование объектов административно-территориального деления	Общая площадь орошаемых с/х угодий, га	Площадь орош. с/х угодий находящихся под контролем, га	Площадь орош. с/х угодий покрытая сол. сьемкой, га	Из общей площади орош. с/х угодий с дренажом, га	Из общей площади орош. с/х угодий не использ., га
Ошская обл	134033	62145	23997	7814	3750
Алайский	6538	-	-	-	2518
Араванский	21849	21324	6848	2555	-
Кара-Кулджинский	6524	-	-	-	-
Карасуйский	42384	308	-	308	-
Наукатский	24423	21533	-	1417	-
Узгенский	21298	18980	17149	3534	-
Чон-Алайский	11017	-	-	-	1232

Большие площади сельскохозяйственных угодий находятся в неудовлетворительном состоянии. Продолжается процесс потери основного показателя плодородия – гумуса, в результате выноса эрозией и не внесения необходимых доз органических удобрений. Вынос гумуса растениями из пахотного горизонта составил от 20 до 30%. Недобор урожая от различной степени деградации почв составил по травам от 20 до 80%, по зерновым от 15-50%.

В результате земельной реформы пришли в упадок научно обоснованные севообороты. Нынешние хозяйствующие субъекты не соблюдают севообороты, поливные севооборотные земли засевают рисом.

Превышение норм полива на орошаемых землях вызвало ирригационную эрозию. При увеличенных нормах полива, при потерях оросительной воды из каналов также происходит повышение уровня грунтовых вод на территории области (Узгенский, Араванский, Карасуйский районы).

В условиях рыночных отношении для регионального АПК Ошской области основными путями оздоровление экологического состояние является:

- оптимальная структура посевных площадей, насыщенная урожайными и ценными культурами, составленная с учетом специализации хозяйства;

- экономически и агротехнически обоснованные севообороты, позволяющие осуществить правильное чередование культур, систематизировать все меры повышения урожайности;

- система удобрений, включающая определение потребности полей в питательных веществах, план внесения минеральных, органических, бактериальных, и микроудобрений (культуры, формы, нормы, сроки и способы внесения);

- система правильной обработки почвы, на основе которой формируется конкретная технология производства отдельных видов растениеводческой продукции;

- система мер по борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений, предусматривающая применение агротехнических, биологических и химических средств;

- система семеноводства, а для предприятий - применение семян районированных в данной зоне сортов, что позволяет значительно повышать урожай. Сортовые посевы хлопка, льна, сахарной свеклы, подсолнечника отличаются более высокой урожайностью, выходом волокна, содержанием сахара, масла, качеством продукции;

система мер по борьбе с ветровой и водной эрозией, ослабление, а в последующем и преодоление губительных последствий засух и суховеев, этот элемент системы земледелия имеет чрезвычайно важное значение для сохранения почвенного плодородия и остается одной из важнейших государственных задач в системе мер по дальнейшему развитию сельского хозяйства.

### **Литература**

1. Региональный доклад о состоянии окружающей среды Ошской области в 2000 году. Ошское областное управление охраны окружающей среды, ОБСЕ, Ош, 2001, 124с
2. Экономика сельского хозяйства /О.Ф. Лопатина, Н.В. Карпова и др. М, Колос, 1982, 367с.
3. Социально – экономическое развитие Кыргызской Республики 1999-2003. Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. Годовая публикация. Бишкек, 2005, 192с
4. Государственный кадастр мелиоративного состояния орошаемых земель. Министерство сельского, водного хозяйства и перерабатывающей промышленности Кыргызской Республики. –Бишкек, 2004, 51с.

\* \* \* \*

**Омуралиева Г. К.  
Абсатаров Р. Р.**

### **Некоторые проблемы современной экологической ситуации города Ош и Ошской области**

Любой город неповторим и оригинален не только по своей архитектуре и местоположению, но и по особенностям производства, транспортно-экономическим связям. Изучение экологической специфики каждого города Кыргызской Республики и всего мира - задача крайне важная, но в высшей степени трудоемкая. Тем не менее, уже сегодня возникают различные ситуации, при которых для решения практических проблем требуется усредненная модель города. Как в медицине анатомо-физиологические параметры каждого реального пациента сравнивают с абстрактной «нормой», полученной в результате усреднения информации об огромном количестве изученных больных и здоровых людей, так и в урбэкологии необходим эталон «города вообще». Работа над такой моделью была предпринята экологами Б. Б. Прохоровым и Ю. Н. Лапиным. Первоначально в качестве базовой модели был выбран условный город с численностью населения в 1 млн. жителей, многофункциональный – в нем представлены основные виды промышленности. Для создания модели эталонного города использовались сведения о различных городах, которые с соответствующими поправками пересчитывались применительно к выбранной модели. Модель составлялась по принципу баланса: на входе - вещества, поступающие в город в виде сырья, ресурсов, пищевых продуктов, а на выходе - выбросы в атмосферу, промышленные и бытовые стоки, в природные воды и отходы, поступающие на городские свалки. Одной из наиболее характерных особенностей развития современного общества является быстрый рост городов. Как и большинство, городов, в Кыргызстане увеличивается рост

горожан. Непрерывный темп увеличения численности их жителей, увеличение роли городов в жизни общества, преобразование сельской местности в городскую, а так же миграция сельского населения в город. Такие же проблемы возникают не только в нашей стране, но и в соседних государствах, как Индия, Пакистан и др. Глобальная экологическая ситуация, несмотря на отдельные успехи в области охраны окружающей среды, продолжает ухудшаться.

Состав промышленных и бытовых выбросов города Ош, поступающих в атмосферу, весьма разнообразен. Годовое количество газообразных выбросов и их состав приведены в таблице.

Самая большая доля в составе атмосферных выбросов принадлежит воде (водяной пар и аэрозоли) и углекислому газу, затем следуют сернистый ангидрид, окис углерода и пыль. Плотность выбросов этих веществ в год с 1 км площади города Ош составляет для сернистого ангидрида и окиси углерода около 84 т, пыли - около 94 т, а окислов азота – около 37,8 т. Следует подчеркнуть, что внутригодовое распределение этих выбросов достаточно неравномерно. Максимум поступлений в атмосферу отмечается в зимние месяцы, когда на полную мощность работают котельные.

Выбросы в атмосферу города Ош с населением 350000 человек (млн. т. в год)

Ингредиенты атмосферных выбросов	количество
Вода (пар, аэрозоль)	3780
Углекислый газ	420
Сернистый ангидрид	84
Окись углерода	84
Пыль	94
Углеводороды	63
Окислы азота	37,8
Органические вещества (фенолы, бензол, спирты, растворители, жирные кислоты...)	2,8
Хлор, аэрозоли соляной кислоты	1,75
Сероводород	1,75
Аммиак	0,49
Фториды (в пересчете на фтор)	0,49
Сероуглерод	0,35
Цианистый водород	0,105
Соединения свинца	0,175
Никель (в составе пыли)	0,0147
ПАУ (в том числе бенз(а)пирен)	0,28

Следующая группа веществ, поступающих в воздух городов, содержится в количествах на 1-2 порядка меньших, чем предыдущие. К этой группе относятся суммарная масса которых достигает 2,8 тыс. тонн в год. Примерно в одинаковых количествах (по 5 тыс. т) выбрасывается в атмосферу сероводород и хлор в сочетании с аэрозолями соляной кислоты. Ежегодно в воздух поступает около 0,35 тыс. т сероуглерода, несколько больше – фторидов и аммиака.

Количество выбросов группы наиболее токсичных для человека и объектов живой природы веществ – свинца, ртути, мышьяка, кадмия, бенз(а)пирена составляет от пяти до нескольких тонн в год.(2)

В последнее время тревожит людей судьба кислорода на нашей планете. Если все населения города Ош потребляет в год 17500000 тонны кислорода, то транспорт во много раз больше. Так, автомобиль пройдя 1000 км, расходует столько кислорода, сколько необходимо для дыхания одному человеку в течении года.

Автомобильный парк в городе выглядит следующим образом:

В городе Ош из 12429 - 2808 грузовые, 304 специальные автомобили, 7713 легковые, 642 автобусы, 737 микроавтобусы и 225 мототранспорт.

Среди источников загрязнения, отрицательно влияющих на здоровья человека, автомобиль играет значительную роль в Оше. Автомобили являются причиной 10-25% заболеваний, хотя как мы уже говорили, вырабатывают почти всех загрязнителей воздуха. Медицина устанавливает тесноту связи между экологической ситуацией в регионе, районе, городе и частотой повторяемости возникающих болезней и эпидемий среди населения.

В последние годы медицинские проблемы вызвались с изменением окружающей среды. Эти изменения окружающей среды могут происходить как под влиянием естественных причин, так и под воздействием человеческой деятельности.

В процессе взаимодействия с окружающей средой человек существенно видоизменяет ее: изымает необходимые для своих потребностей элементы и одновременно приносит значительное количество чужеродных для нее элементов, образующихся в процессе хозяйственной деятельности. Антропогенное загрязнение окружающей среды является важным экологическим фактором, который определяет уровень здоровья населения. В результате этих загрязнении увеличивается процент раковых, нейрпсихических и др. заболеваний, возрастает количество рождений ненормальных детей.

Значимость проблемы здоровья особенно возросла в настоящее время в связи с тем, что состояние здоровья людей существенно изменилась. Поэтому и возникли новые задачи перед наукой и практикой. Изменения состоят в том, что наблюдаются новые закономерности в распространении и характере патологии человека, иначе протекают демографические процессы.

Указанные изменения в состоянии здоровья людей можно представить обобщенно следующим образом:

Произошли характерные демографические изменения - старения, урбанизация, снижение рождаемости, сдвиги в структуре смертности;

Произошло глубокое расслоение общества на бедных и богатых. Обнищание населения привело к развитию и подъему ряда забытых болезней (Туберкулез, венерические болезни, нарушения обмена веществ и снижения иммунитета);

Изменился характер оказания медицинской помощи, которая для значительной части населения стала малодоступной, непомерно вздорожали медикаменты. Эти факторы привели к резкому снижению обращаемости населения за медицинской помощью, а это, в свою очередь, привело к хронизации заболеваний, утяжелению течения болезненных процессов, инвалидизации и преждевременной смертности;

Резко увеличились миграционные процессы по экономическим соображениям, расширился круг обменов по дипломатическим, политическим, гуманитарным и туристическим мотивам. В связи с этим появилась реальная возможность завоза на территорию области экзотических (ранее не встречающихся в странах Содружества) заболеваний и особо опасных инфекции;

Определился ряд заболеваний, имеющих высокие уровни по всем показателям здоровья (болезни крови и кроветворных органов, болезни органов дыхания, нервной системы и органов чувств и др.);

Выделилась группа важных, ранее редко встречающихся заболеваний: эндокринные, аллергические, врожденные пороки, болезни иммунной системы и прочие. В окружающей и социальной среде созданы предпосылки возврата «забытых» болезней: малярии, сыпной и возвратной тиф, ришта, трахома и др. {3}

Загрязнение окружающей среды существенно видоизменяет многие эффекты влияния природных факторов окружающей среды, непосредственно воздействует на различные показатели здоровья человека, выступая как фактор, стимулирующий возникновение специфической патологии человека.

В структуре заболеваемости населения Ошской области градиент отдельных классов болезней распределяется по убывающей последовательности следующим образом:

Класс болезней	Рейтинг	
	1994 год	1999 год
Болезни органов дыхания	1	1
Болезни нервной системы и органов чувств	2	3
Болезни органов пищеварения.	3	5
Инфекционные и паразитарные болезни	4	4
Болезни крови и кроветворных органов	5	2
Бронхит хронический, эмфизема легких	6	8
Нарушения обмена веществ и иммунитета	7	6
Гипертоническая болезнь	9	10
Новообразования (опухоли)	11	12
Врожденные пороки развития	12	14
Ишемическая болезнь сердца	13	13
Тиреотоксикоз с зобом и без нее	14	11
Острые формы миокарда	15	15

Как видно из приведенной таблицы, 1999 г. по сравнению с 1994г. возросла частота болезней крови и кроветворных органов, нарушения обмена веществ и иммунитета, тиреотоксикоз с зобом и без него, осложнения беременности и родов.

Заболеваемость населения превышает областной показатель в г. Ош и в районах с интенсивным применением ядохимикатов (Араван, Ноокат, Кара-Суу) по данным Бюро статистики областного здравоохранения за 1999 год:

Регион	Интенсивный показатель на 100 тыс. населения по графе: всего болезней	
	Взрослые	Дети
По области	183,7	146,6
Город Ош	210,9	165,8
Араванский район	240,5	187,3
Карасуйский район	225,7	253,1
Ноокатский район	186,4	199,5
Узгенский район	119,4	55,4
Кара-кульжинский район	103,1	35,9
Чон-Алайский район	97,6	138,8
Алайский район	166,1	135,5

Средняя продолжительность жизни мужчин 65 лет, женщин 71 год.

В современном этапе озеленение населенных пунктов рекреационными насаждениями является мощным санитарно-гигиеническим фактором, способствующим улучшению социально бытовых условий, оздоровлению населенных мест. Средняя общегородская норма зеленых насаждений составляет около 25 метр квадрат на одного человека. 1 га лесных насаждений снабжает кислородом до 200 человек. В лесном воздухе бактерии в 300 раз меньше, чем в городских условиях. Еловый лес способен задерживать до 99% солнечной радиации.(2)

Проектирование рекреационных искусственных насаждений нужно проводить с обязательным учетом многостороннего комплексного влияния, которое оказывает лес на микроорганизм человека.

По мнению специалистов надо грамотно отдыхать на природе и знать оздоровительных свойства древесных растений. Под пологом насаждений формируются комфортные для человека микроклиматические условия, повышается качество воздуха за счет улучшения его состава, очистки от загрязнений, ионизации и насыщения фитонцидами. Высокой фитонцидной активностью отличаются хвойные леса, достаточно высокими бактерицидными свойствами характеризуется дубрава, березняки и липняки. Как правило, 5-7 часовое пребывание в лесу приводит к повышению тонуса и улучшению самочувствия большинства людей. В то же время отмечено, что под воздействием паров скипидара, которое всегда присутствует в воздухе хвойных лесов, состояние больных, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями, может значительно ухудшиться; больным гипертонией лучше отдыхать в дубовых лесах.

При создании рекреационных искусственных насаждений надо обязательно учитывать особенности восприятия их рекреантами.

Воздействует на психику человека форма кроны деревьев с пирамидальными, шаровидными и устремленными вверх кронами повышает активность нервной системы, овальные, плакучие и зонтичные кроны действуют успокаивающие.

### Литература

1. Яницкий О. Н. Экологическая перспектива города. Москва, 1998г
2. Региональный доклад о состоянии окружающей среды Ошской области в 2000 году. под ред. А. Т. Цыбуха
3. Кошоев М.К. Опасные природные явления в Кыргызстане. Фонд Сорос-Кыргызстан. 1996г
4. Косова Л.И., Трещевский Ю.И., Пользование лесом в целях рекреации, ж. Лесное хозяйство, №5, 1985г
5. Муравьева И.П. Оценка рекреационных свойств лесопарковых территорий. М., 1987г
6. Краткая медицинская энциклопедия.

\* \* \* \*

Камбаров Ч. У.,  
Мавлянов Н. М.,  
Мирзакматов К. Ж.

### Анализ физико-химических свойств моторных масел

В моторном масле при работе двигателя внутреннего сгорания происходит непрерывное количественное и качественное изменения. Продукты загрязнения, количество которых в масле непрерывно увеличиваются, при работе двигателя циркулируют вместе с маслом в системе смазки, попадают на трущиеся поверхности и в зависимости от их твердости и размеров, действуя как абразивы, вызывают усиленный износ двигателей и выход из эксплуатации двигателя в целом. На рис. 1. показаны пути попадания нежелательных примесей в моторное масло. Попадая нежелательные примеси в моторное масло, приводит к изменению физико-химических свойств масла при работе в двигателе.

Таким образом, состояние двигателя и состояние моторного маслом являются взаимодействующими факторами. Исследования взаимодействия масла и двигателя позволило оценить общее влияние совокупности свойства масла на надежность и долговечность двигателя. А также выявить те показатели качества маслом, которые определяют это влияние. Не менее важна и другая сторона вопроса - изучение влияния состояния двигателя на интенсивность изменения физико-химических показателей масла в процессе работы. Ввиду сложности явления, многочисленности действующих факторов и изменчивости условий. Физическая картина взаимодействий двигателя и масла изучена лишь в самых общих чертах или в условиях значительного упрощения природы явления. В связи с этим сделано попытка, внести некоторую определенность в понятие « моторные и физико-химические свойства масла».

Под моторными свойствами масла следует понимать те его функциональные свойства, которые непосредственно оцениваются по изменению общего состояния или рабочих показателей двигателя.

Моторные свойства масел оцениваются суммой функциональных показателей, определенных путем измерений двигателя после моторных или эксплуатационных масел, или расчетом, если известно зависимость этих показателей от физико-химических свойств масел.

Под физико-химическими свойствами масел следует понимать ряд показателей, определяемых при физико-химических анализах масел и испытаниях на приборах и моделирующих установках.

Приведена связь между моторными и физико-химическими свойствами масла таблице 1. Связь функциональных моторных и физико-химических свойств масла. Таблица 1.

Моторные свойства	Физико-химические свойства
Прокачиваемость масла. Минимальные обороты при прокрутке. Максимальные величины крутящего момента при прокрутке.	Вязкостно-температурные свойства Сопротивление сдвигу. Температура кристаллизации и застывания.
Износ цилиндров. Износ поршневых колец.	Вязкостно-температурные свойства. Свойства масляной пленки в условиях граничного трения. Противоизносные и противозадирные свойства, оцененные на машинах трения.

	<p>Антикоррозионные свойства. Нейтрализующее действие против агрессивных сред. Загрязнение масел примесями и продуктами окисления.</p>
<p>Падения мощности двигателя. Увеличение удельного расхода топлива. Износ поршневой группы. Износ и коррозия клапанов, седел, кулачков, толкателей. Повышенное нагароотложение, вызывающее детонацию, калильное зажигание, перебой в работе свечей. Отложения на форсунках, износ форсунок и топливных насосов. Закоксовывание и засмоление впускных труб продуктами вентиляции картера. За коксование продувочных окон.</p>	<p>Противоизносные свойства. Антикоррозионные свойства. Высокотемпературная стабильность и склонность к нагара и лакообразованию. Низкотемпературная стабильность и склонность к шлакообразованию.</p>
<p>Аварийный износ деталей. Залегание поршневых колец вследствие закоксовывания Зависание толкателей и клапанов. Задиры поршней, цилиндров, кулачков, толкателей. Аварийная коррозия подшипников. Прекращение подачи масла вследствие забивания системы отложениями.</p>	<p>Противоизносные свойства. Высокотемпературная противоокислительная стабильность. Фильтруемость масла. Загрязнение масла примесями и продуктами окисления</p>
<p>Выброс масла вследствие засмоления системы вентиляции.</p>	

Из табл.1 и опыта испытаний следует, что отдельные физико-химические свойства масел оказывают влияние на функциональные различные моторные свойства, причем это влияние не всегда однозначно.(1).В связи с этой важнейшей задачей всех видов испытаний является установление корреляционной связи между сложными и элементарными свойствами, определение значимости тех или иных показателей, установление предельных (оптимальных и браковочных) значений для функциональных свойств отдельных показателей.

Рассмотрим связь между кинематической вязкостью и кислотным числом. Рассмотрим методику приведения и сопоставления показателей качества. На основании результатов испытания масел, проведенным Ошским филиалом НАК "КАЖ" и Государственной инспекцией по стандартизации и метрологии при правительстве Кыргызской республики отдел физико-химических измерений за 2000-2001 годы.

Корреляционные связи определены по методу наименьших квадратов и соответствуют (табл.2) графам 1-номер пробы, 2-кинематическая вязкость и 3-кислотное число и 4,5,6,7,8-результаты расчета методу наименьших квадратов (МНК).

Исследование связи между кислотным числом и вязкостью ищем в виде уравнений  $y=ax^2+bx+c$ , где коэффициенты найдены из известных систем трех уравнений.

В результате было получено следующее уравнение

$$Y=0,00193x^2+0,12x-1,4295$$

Характер расположения экспериментальных точек в координатах кинематическая вязкость и кислотное число приведены на рис.1.

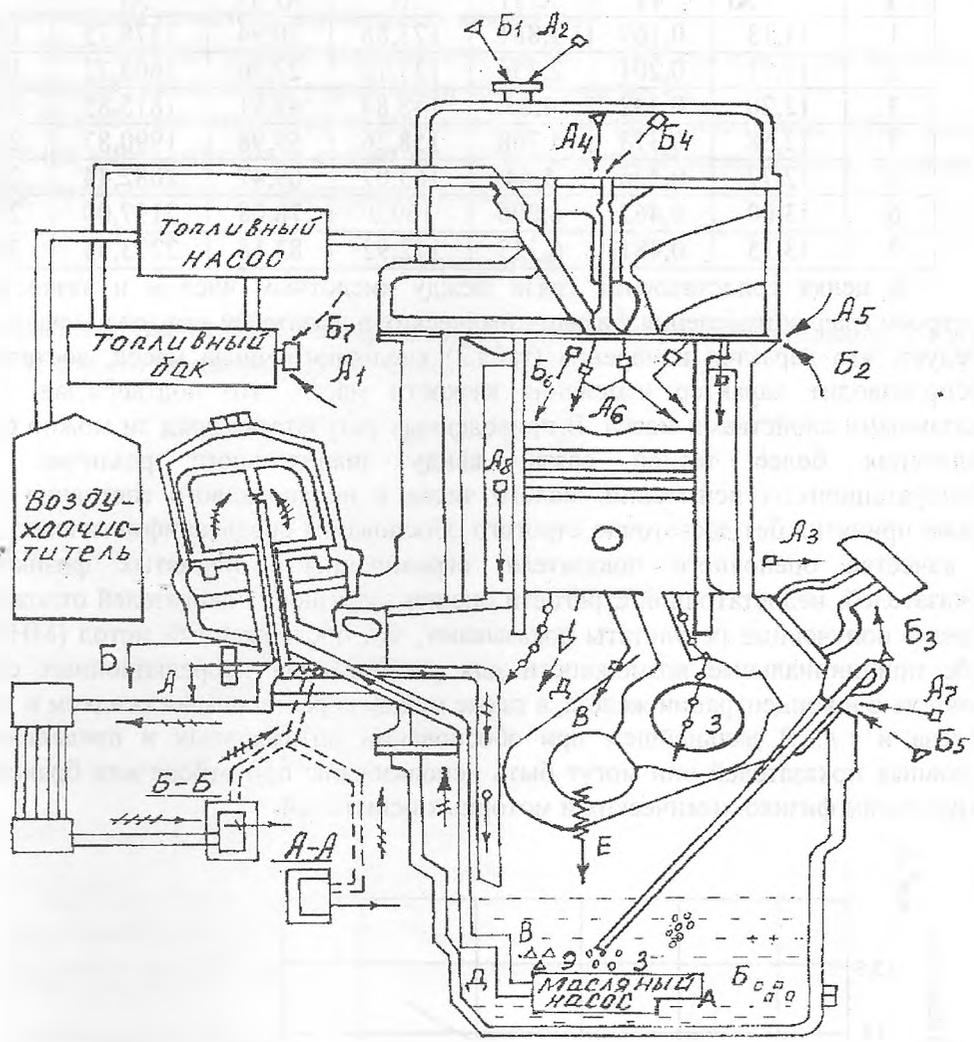


Рис. 1 Пути попадания нежелательных примесей в моторное масло. А1...А8 – вода, водный конденсат; Б1...Б8 – почвенная пыль; В – углеродистые частицы, сажа; Г – соединения серы; Д – соединения свинца; Е – органические продукты окисления топлива и масла; Ж – технологические примеси; З – продукты износа; Э -+→ масло нефилтрованное, неохлажденное, идущее на слив в картер; Щ - ++→ масло нефилтрованное, неохлажденное.

Средние результаты эксплуатационных испытаний и результаты расчета МНК. Таблица 2.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
I	$X_i$	$Y_i$	$X_i Y_i$	$X_i^2$	$X_i^2 Y_i$	$X_i^3$	$X_i^4$
1.	11,13	0,169	1,881	123,88	20,94	1378,75	15375,4
2.	11,71	0,201	2,354	137,12	27,56	1605,72	18803,0
3.	12,20	0,332	4,05	148,84	49,91	1815,85	22153,3
4.	12,58	0,373	4,768	158,26	59,98	1990,87	25045,0
5.	12,77	0,426	5,44	163,07	69,47	2082,44	26592,7
6.	13,00	0,462	6,006	169,0	78,08	2197,00	28561,0
7.	13,15	0,481	6,325	172,92	83,18	2273,93	29902,1

В целях сопоставления связи между кислотным числом и вязкостью на рис.2 построен график изменения физико-химических показателей моторного масла. Из графика следует, что характер изменения (табл.2) кислотного числа масел, достаточно хорошо воспроизводит характер изменения вязкости масел, что подтверждает связь между указанными свойствами масел. В приведенных результатах вряд ли можно было ожидать получения более тесной связи, ввиду значительного различия в условиях эксплуатационных испытаний, малого числа и неодинакового состояния тракторов. А также принятия без достаточно строгого обоснования среднеарифметического показателя в качестве оценочного показателя, ограниченности принятых физико-химических показателей, недостаточной строгости оценки загрязнения двигателей отложениями и т.д. Однако полученные результаты показывают, что предложенный метод (МНК) сдержит в себе принципиальные возможности для установления корреляционных связей между вязкостью и концентрации железа, а также между нерастворимым осадком и концентрации железа и т.д. В дальнейшем при обосновании оптимальных и предельных значений основных показателей они могут быть использованы при отборе или браковке масла по результатам физико-химических и моторных испытаний.

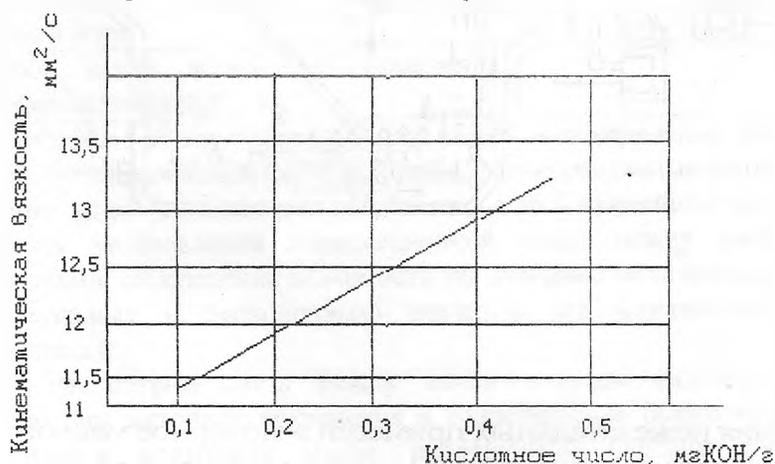


Рис.2. Зависимость между кислотным числом и вязкости масла.

Были установлены плотности связи между кислотным числом в масле, которая непосредственно характеризует интенсивность изнашивания сопряжений, следовательно, техническое состояние двигателя, и остальными показателями качества масла. Полученные в результате обработки данные значения коэффициента корреляции составила – 0,789 и свидетельствует о наличии связей между указанными величинами близкой функциональной.

Аналитические результаты получены для остальных показателей. Результаты исследований показывают, что по технической операции при работе двигателя достигает предельные показатели качества работавших масел.

### Выводы

1. Определены корреляционные связи между кинематической вязкости и кислотным числом по методу наименьших квадратов.
2. Получено достаточно хорошее совпадение характера изменения вязкости масел, что подтверждает связь между указанными свойствами масел.
3. Разработано методика содержащие в себе принципиальные возможности для установления корреляционных связей вязкостью и концентрации железа, а также между нерастворимым осадком и концентрации железа.

### Литература

1. Алексеев В. Н., Кузнецов И. Ф. Автотракторные эксплуатационные материалы. 2-е изд. Перераб. и доп. М. Вoenиздат, 1979г. 214с.

\* \* \* \*

### О школе-семинаре механиков Кыргызстана

24-26 июня 2004 в ЖАГУ проведен III школа-семинар механиков Кыргызстана, посвященный году «Социальной мобилизации и справедливого управления», где на пленарном заседании были сделаны следующие научные доклады: **Абдраимов С.** д.т.н., профессор, академик МИА, Президент Инженерной академии КР «Механизмы переменной структуры и машины на их основе», **Бокшов Ж.** д.ф.н., профессор, ректор ЖАГУ, **Аширалиев А.** д.т.н, и.о. профессора, декан ИТФ ЖАГУ, «О перспективе подготовки инженерных кадров в ЖАГУ», **Мамасаидов М.Т.** д.т.н., профессор, академик НАН КР, ректор КУУ, **Мендекеев Р.А.** к.т.н., проректор КУУ «Проблемы развития камнедобывающей промышленности Кыргызской Республики», **Ураимов М.** д.т.н., профессор, зам. директора Имаш НАН КР, **Султаналиев Б.** к.т.н., с.н.с. «Теоретические основы создания гидравлических ударных машин», **Кожоголов К.Ч.** к.т.н., профессор, член-корр. НАН КР, зам. директора ИФМГП НАН КР «Проблемы геомеханики при освоении горных территорий».

На выездных заседаниях школы-семинара в городах Ташкёмщр, Каракёл сделали содержательные научные доклады такие известные ученые как: **Джуматаев М.С.**, д.т.н., профессор, член-корр. НАН КР, директор Имаш НАН КР, **Обозов А.Д.** д.т.н., профессор, директор республиканского центра проблем возобновляемых источников энергии и другие известные ученые-механики. В г. Каракёл было проведено завершающее заседание – заседание свободного общения известных ученых и молодых аспирантов и соискателей ЖАГУ, ОшТУ, ОшГУ, где в ходе обмена мнениями аспиранты уточнили задачи исследований, а соискатели имели возможность найти научных руководителей и консультантов.

#### Резолюция школы-семинара

Участники семинара отмечают высокий уровень представленных докладов и организации проведения школы-семинара, за что выражают глубокую благодарность организационному комитету и руководителям ЖАГУ за проделанную работу, а также всем принявшим участие в работе семинара.

Участники школы-семинара высказали ряд предложений по дальнейшему развитию исследований по разным направлениям. Важнейшие из них таковы:

1. Участники семинара считают крайне полезным обсуждение результатов на подобных научно-практических семинарах, поддерживают ежегодное их проведение и организацию следующего IV школы-семинара в 2005 году в г. Ош.
2. Участники школы-семинара считают целесообразным организовать систематическое информирование научной общественности об исследованиях в данной области, путем распространения материалов на CD, помещения на специализированных сайтах Интернет, создания в будущем специального журнала или периодического издания другой формы.
3. Для развития исследований особенно важно сосредоточить усилия на разработке моделей и механизмов всего комплекса явлений с учетом первоочередной необходимости для нужд населения Кыргызстана.

Для сохранения материалов семинара и быстрого доступа к ним через сеть Интернет необходимо создать сайты:

- Инженерной академии Кыргызской Республики;
- Национальной академии наук Кыргызской Республики;
- Вузов Кыргызской Республики.

## НАШИ АВТОРЫ

---

1. Абдуллаева М.Д. – к.х.н., доцент ОшГУ
2. Абсатаров Р.Р. – преподаватель ОГПИ
3. Алибаев А.П. – к.т.н., доцент
4. Алиев М.К. – преподаватель
5. Алтыбаева Д.Т. – д.х.н., профессор ОшГУ
6. Апышева А.Р. – аспирант ОшГУ
7. Аскарова К.С. – ст.н.с. инс. общей и неорганической химии АН РУз
8. Атаканов Ш.А. – преподаватель
9. Атекова Ч.У. – преподаватель
10. Аширалиев А.А. – д.т.н., академик ИА КР
11. Аширалиева У.А. – преподаватель
12. Бакалаева Л.М. – преподаватель
13. Боркоев Б.М. – к.т.н., профессор
14. Белеков Т.Э. – к.т.н., доцент
15. Дыйканбаева Б.М. – ст. преподаватель
16. Закиров А.З. – к.э.н., профессор ОшГУ
17. Исмаилов А.Э. – к.х.н. ОшГУ
18. Исмаилова Ч.Ш. – ст. преподаватель
19. Исманбаев А.И. – и.о. доцента
20. Калманбетов М.К. – к.т.н., и.о. профессора
21. Камалов Ж.К. – д.х.н., профессор ОшГУ
22. Камбаров Ч.У. – к.т.н., доцент
23. Каримов А.А. – преподаватель
24. Каримов А.К. – д.т.н., профессор ОшГУ
25. Келебаев К.К. – преподаватель
26. Кожогулов К.Ч. – д.т.н., профессор, чл.-корр. НАН КР, академик ИА КР (ИФиМГП НАН КР)
27. Кочкорова М.Б. – преподаватель
28. Кошбаев А.А. – к.т.н., доцент
29. Кучаров Х. – ст.н.с. инс. общей и неорганической химии АН РУз
30. Мавлянов Н.М. – ст. преподаватель
31. Маймеков З. – д.т.н., профессор

32. Мирзакматов К.Ж. – преподаватель
33. Молдокеев М.Т. – к.т.н., доцент
34. Озубекова Р.А. – к.х.н., доцент
35. Омуралиева Г.К. – доцент ОГПИ
36. Омурзаков Д.О. – к.т.н., доцент
37. Ормонов Р.Б. – ст. преподаватель
38. Осмоналиев Н.А. – преподаватель
39. Паязова Ж.Н. – преподаватель
40. Разаков М.Р. – ст. преподаватель
41. Салиева К.Т. – к.х.н., и.о. доцента
42. Султанкулов М. – ст. преподаватель
43. Ташиев З.К. – преподаватель
44. Токтогулов З.А. – преподаватель
45. Токтосунова М.Т. – ст. преподаватель
46. Туленбаева М.А. – ст. преподаватель
47. Тургумбаев Ж.Ж. – д.т.н., профессор
48. Тургумбаев С.Ж. – преподаватель
49. Турдукулов К.Р. – ст. преподаватель
50. Тухтаев С. – ст.н.с. инс. общей и неорганической химии АН РУз
51. Уметова В.М. – преподаватель
52. Усенов К.Ж. – д.т.н., профессор
53. Эргешов Б.Т. – ст. преподаватель