

6. Касаточкин В.И. Строение и свойства природных углей. / В.И. Касаточкин, Н.К. Ларина.– М.: Наука, 1975.– 158 с.
7. Нонхибел Д. Химия свободных радикалов / Д. Нонхибел, Дж Уолтон. – М.: Мир, 1977.– 606 с.
8. Барамбойм Н.К. Механохимия высокомолекулярных соединений / Н.К. Барамбойм.– М.: Химия, 1978.– 384 с.
9. Любченко Л.С. Магнитные свойства полимеров с системой сопряженных связей 1. Экспериментальное исследование собственного парамагнетизма методом электронного парамагнитного резонанса / Л. С. Любченко, М.А. Кожушнер // Журнал физической химии.– 1988.– Т.62.–№ 9.– С. 2308 – 2324.
10. Бурчак А.В. Кинетические характеристики системы уголь-газ как критерии состояния структуры угольного вещества / А.В. Бурчак // Геотехническая механика.– Днепропетровск.– 2006.– Вып.67.– С.115 – 121.
11. Лукинов В.В. о возможности оценки сорбции выбросоопасных углей Донбасса методом электронного парамагнитного резонанса / В.В. Лукинов, В.А. Гончаренко, А.В. Бурчак // Геотехническая механика.– Днепропетровск.–2000.– Вып.17.– С.104 – 109.
12. Алексеев А.Д. Радиофизика в угольной промышленности / А.Д. Алексеев, В.Е. Зайдерванг, В.В. Синолицкий, Е.В. Ульянова.– М.: Недра, 1992.– 184 с.

УДК 531.3:621

В.Ф. Куница, аспирант (НГУ)

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ГРОХОТА

С ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ РАБОЧЕГО ОРГАНА

Стаття присвячена динамічним розрахункам грохоту з просторовими коливаннями робочого органу. Приведені його амплітудно-частотні характеристики. Отримані залежності коефіцієнта вібропереміщення по ширині грохота від параметрів розташування приводу

FEATURES OF DYNAMICS OF SCREEN WITH SPACIAL VIBRATIONS OF WORKING ORGAN

Article is devoted dynamic calculations of a screen with spatial vibrations of working organ. Its gain-frequency characteristics are resulted. Dependences of coefficient of vibromoving on width of a screen from parameter the location of drive are received

В последнее время с разработкой новых технологий увеличился объем переработки мелкодисперсных материалов. Это привело к тому, что существующие грохота не могут обеспечить необходимую эффективность разделения. Поэтому усовершенствование существующих и разработка новых типов классифицирующих аппаратов применительно к требованиям новых технологий является задачей важной и актуальной.

Цель работы – повышение эффективности разделения мелкодисперсных материалов за счет выбора рациональных динамических параметров грохота с пространственными колебаниями рабочего органа.

Научная задача – путем изменения геометрических параметров грохота и места установки вибровозбудителя получить зависимости позволяющие проследить изменение характера движения рабочей поверхности, что обеспечит получение рациональных параметров движения материала по рабочей поверхности.

Отличительной особенностью классификации мелкодисперсных материалов от обычной классификации по крупности 5 и более миллиметров, является то,

что здесь материал движется в «толстом» слое. При обычных режимах движения рабочей поверхности грохотов сегрегация произойти не успевает из-за большой поверхностной активности частиц. В этом плане лучшими качествами обладают грохоты с пространственными колебаниями, движение материала по рабочей поверхности которых происходит как вдоль, так и поперек рабочей поверхности, что способствует их перемешиванию и проникновению тонких частиц в подрешетное пространство [1].

Наиболее простая конструкция такого грохота состоит (рис.1) из корпуса 1 с просеивающей поверхностью 2, загрузочно-распределительного устройства 3, разгрузочных патрубков 4. Корпус грохота установлен на основании с помощью эластичных амортизаторов 5. Отличительной особенностью грохота является то, что ось одновального инерционного вибровозбудителя 6 расположена в вертикальной плоскости под углом к рабочей поверхности. Проекция вектора возмущающей силы привода на вертикальную плоскость проходит через центр тяжести грохота. Это исключает его галопирование.

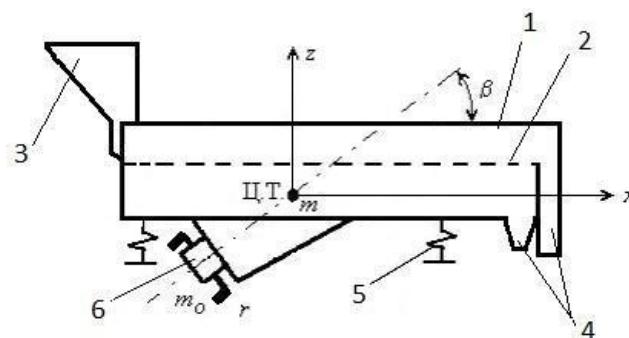


Рис. 1 – Конструкционная схема грохота

Таким образом, под действием вынуждающей силы привода, корпус грохота будет совершать возвратно-поступательные колебания в вертикальной плоскости под углом к рабочей поверхности и поворотные колебания вокруг продольной и вертикальной осей. Параметры этих колебаний зависят от массы и моментов инерции корпуса грохота, жесткости и расположения упругих элементов, величины возмущающей силы и места расположения привода.

Зависимость динамических характеристик грохота и параметров движения материала по рабочей поверхности от размеров просеивающей поверхности и места установки привода будем производить исходя из следующих предпосылок.

Масса корпуса грохота пропорциональна его длине и ширине, момент инерции грохота, учитывающий концевые элементы (загрузочное и разгрузочное устройства), вокруг вертикальной оси пропорциональны квадрату длины корпуса, вокруг продольной оси – квадрату его ширины. Присоединение привода приводит к смещению центра тяжести грохота в целом на величину, пропорциональную массе привода и расстоянию от его центра до центра масс корпуса. При смещении привода выполняется условие, что проекция вектора возмущающей силы на вертикальную плоскость проходит через центр тяжести корпуса.

Динамическая расчетная схема такого грохота представлена на рис. 2.

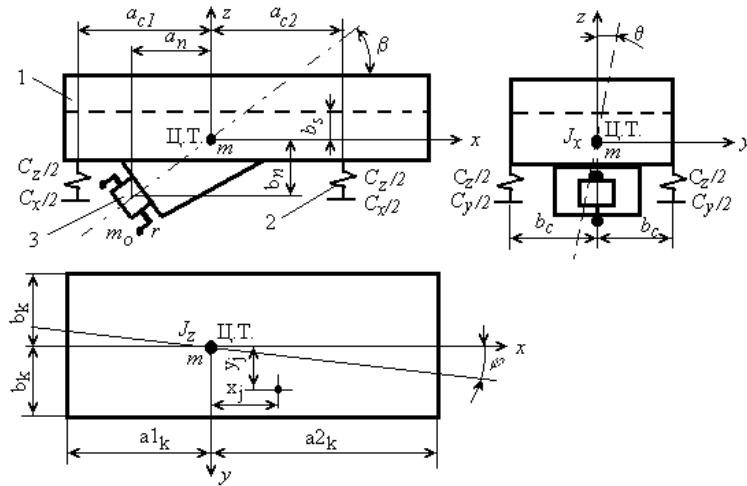


Рис. 2 – Динамическая расчетная схема грохота ГВП

Для составления уравнений движения грохота воспользуемся уравнением Лагранжа II рода. В качестве обобщенных координат принимаем перемещения в направлении действия проекции вектора возмущающей силы на вертикальную плоскость, в поперечном направлении (по оси y) и поворотные колебания вокруг осей x и z .

Составляя зависимости для кинетической и потенциальной энергии, используя уравнение Лагранжа II рода, получим систему уравнений, описывающих движение грохота в виде

$$\begin{aligned}
 (m + m_0) \cdot \ddot{x} + (C_{x1} + C_{x2}) \cdot x &= 2 \cdot m_0 \cdot r \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \omega^2 \cdot \cos \beta \\
 (m + m_0) \cdot \ddot{z} + (C_{z1} + C_{z2}) \cdot z + (C_{z1} \cdot b_c - C_{z2} \cdot b_c) \cdot \theta &= 2 \cdot m_0 \cdot r \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \omega^2 \cdot \sin \beta \\
 (4 \cdot m_0 + m) \cdot \ddot{y} - 2 \cdot m_0 \cdot \ddot{\phi} \cdot a_n - 2 \cdot m_0 \cdot \ddot{\theta} \cdot b_n + (C_{x1} + C_{x2}) \cdot y + (C_{x2} \cdot a_{c2} - C_{x1} \cdot a_{c1}) \cdot \phi &= \\
 = -(4 \cdot m_0 \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \omega^2) & \quad (1) \\
 (C_{z1} \cdot b_c - C_{z2} \cdot b_c) \cdot z + (C_{z2} \cdot b_c^2 + C_{z1} \cdot b_c^2) \cdot \theta + (I_x + 2 \cdot m_0 \cdot b_n^2 + 2 \cdot m_0 \cdot a_0^2 \cdot \cos \beta^2) \cdot \ddot{\theta} - \\
 - 2 \cdot m_0 \cdot \ddot{y} \cdot b_n = 2 \cdot m_0 \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \omega^2 \cdot b_n \\
 (C_{x2} \cdot a_{c2} - C_{x1} \cdot a_{c1}) \cdot y + (C_{x1} \cdot a_{c1}^2 + C_{x2} \cdot a_{c2}^2) \cdot \phi + \\
 + (I_z + 2 \cdot m_0 \cdot a_n^2 + 2 \cdot m_0 \cdot a_0^2 - 2 \cdot m_0 \cdot a_0^2 \cdot \cos \beta^2) \cdot \ddot{\phi} - 2 \cdot m_0 \cdot \ddot{y} \cdot a_n = 2 \cdot m_0 \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \omega^2 \cdot a_n
 \end{aligned}$$

где m – масса подвижных частей грохота; m_0 – масса дебалансных масс привода; r – эксцентриситет центра тяжести дебалансных масс привода; J_x, J_z – моменты инерции грохота вокруг осей x, z относительно центра тяжести грохота; C_x, C_y – жесткости упругих связей в направлении осей x, y и z ; β – угол наклона; ϕ – угол поворота вокруг оси x ; θ – угол поворота вокруг оси z ; b_n – расстояние от центра тяжести короба до оси дебалансного вала по оси x ; a_n – расстояние от центра тяжести короба до оси дебалансного вала по оси z ; a_0 – расстояние от центра дебалансов до центра тяжести привода; a_{c1}, a_{c2} – расстояние от упругих

элементов до центра тяжести короба по длине грохота; b_c - расстояние от упругих элементов до центра тяжести короба по ширине грохота.

Учитывая, что обычно принимают $C_{z1} = C_{z2}$, $C_{x1} \cdot a_{c1} = C_{x2} \cdot a_{c2}$, то уравнения (1) можно привести к виду

$$\begin{aligned}
 (m + m_0) \cdot \ddot{x} + (C_{x1} + C_{x2}) \cdot x &= 2 \cdot m_0 \cdot r \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \omega^2 \cdot \cos \beta \\
 (m + m_0) \cdot \ddot{z} + (C_{z1} + C_{z2}) \cdot z &= 2 \cdot m_0 \cdot r \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \omega^2 \cdot \sin \beta \\
 (4 \cdot m_0 + m) \cdot \ddot{y} - 2 \cdot m_0 \cdot \ddot{\phi} \cdot a_n - 2 \cdot m_0 \cdot \ddot{\theta} \cdot b_n + (C_{x1} + C_{x2}) \cdot y &= -(4 \cdot m_0 \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \omega^2) \quad (2) \\
 (C_{z2} \cdot b_c^2 + C_{z1} \cdot b_c^2) \cdot \theta + (I_x + 2 \cdot m_0 \cdot b_n^2 + 2 \cdot m_0 \cdot a_0^2 \cdot \cos^2 \beta) \cdot \ddot{\theta} - 2 \cdot m_0 \cdot \ddot{y} \cdot b_n &= \\
 = 2 \cdot m_0 \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \omega^2 \cdot b_n \\
 (C_{x1} \cdot a_{c1}^2 + C_{x2} \cdot a_{c2}^2) \cdot \phi + (I_z + 2 \cdot m_0 \cdot a_n^2 + 2 \cdot m_0 \cdot a_0^2 - 2 \cdot m_0 \cdot a_0^2 \cdot \cos^2 \beta) \cdot \ddot{\phi} - & \\
 - 2 \cdot m_0 \cdot \ddot{y} \cdot a_n = 2 \cdot m_0 \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \omega^2 \cdot a_n
 \end{aligned}$$

Следует отметить, что уравнения (2) описывают движение системы без учета неупругих сопротивлений. Неупругие сопротивления при деформации упругих элементов будем учитывать, согласно принципу Вольтерры [2], после выполнения решения в чисто упругой постановке, используя понятие комплексного модуля упругости, введенное Е.В. Сорокиным.

Используя метод неопределенных коэффициентов, и принимая решение в виде

$$\begin{aligned}
 x &= A_x \cdot \sin \omega \cdot t; & z &= A_z \cdot \sin \omega \cdot t \\
 y &= A_y \cdot \cos \omega \cdot t; & \phi &= A_\phi \cdot \cos \omega \cdot t \\
 \theta &= A_\theta \cdot \cos \omega \cdot t;
 \end{aligned}$$

после подстановки его в уравнения (2), приравнивая коэффициенты при одинаковых гармониках колебаний, получим систему алгебраических уравнений для определения $A_x, A_y, A_z, A_\phi, A_\theta$.

При отсутствии галопирования движение по оси x и z взаимосвязаны. Уравнения, описывающие их движение, не зависят от остальных. Принимая суммарное движение по направлению проекции вектора возмущающей силы на вертикальную плоскость в оси x равным $\sqrt{x^2 + y^2} = A \cdot \sin \omega \cdot t$ получим зависимости для определения амплитуд линейных и поворотных колебаний короба грохота

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{m_0 \cdot r \cdot \omega^2}{(cz \cdot \sin \beta + cx \cdot \cos \beta) - M \cdot \omega^2}; & A_y &= \frac{chY}{Zn} \\
 A_\phi &= \frac{ch\Phi}{Zn}; & A_\theta &= \frac{ch\Theta}{Zn} \quad (3)
 \end{aligned}$$

где

$$Zn = (cy - M \cdot \omega^2) \cdot (0,5 \cdot cy \cdot aa_2 - Jz \cdot \omega^2) \cdot (cz \cdot bc^2 - Jx \cdot \omega^2) - (an \cdot bn \cdot m_0 \cdot \omega^2)^2 \cdot (cy - M \cdot \omega^2) - (an \cdot m_0 \cdot \omega^2) \cdot (cz \cdot bc^2 - Jx \cdot \omega^2) - (bn \cdot m_0 \cdot \omega^2) \cdot (0,5 \cdot cy \cdot aa_2 - Jz \cdot \omega^2) + 2 \cdot (an \cdot bn)^2 \cdot m_0^3 \cdot \omega^6$$

$$chY = m_0 \cdot r \cdot \omega^2 \cdot [(cz \cdot bc^2 - Jx \cdot \omega^2) \cdot (0,5 \cdot cy \cdot aa_2 - Jz \cdot \omega^2) + an^2 \cdot m_0 \cdot \omega^2 \cdot (cz \cdot bc^2 - Jx \cdot \omega^2) + bn^2 \cdot m_0 \cdot \omega^2 \cdot (0,5 \cdot cy \cdot aa_2 - Jz \cdot \omega^2) - 3 \cdot (m_0 \cdot an \cdot bn \cdot \omega^2)^2]$$
(4)

$$ch\Phi = an \cdot m_0 \cdot r \cdot \omega^2 \cdot [-(cy - M \cdot \omega^2) \cdot (cz \cdot bc^2 - Jx \cdot \omega^2) + bn^2 \cdot m_0 \cdot \omega^2 \cdot (cy - M \cdot \omega^2) - m_0 \cdot \omega^2 \cdot (cz \cdot bc^2 - Jx \cdot \omega^2) + (bn \cdot m_0 \cdot \omega^2)^2]$$

$$ch\Theta = bn \cdot m_0 \cdot r \cdot \omega^2 \cdot [-(cy - M \cdot \omega^2) \cdot (0,5 \cdot cy \cdot aa_2 - Jz \cdot \omega^2) + an^2 \cdot m_0 \cdot \omega^2 \cdot (cy - M \cdot \omega^2) - m_0 \cdot \omega^2 \cdot (0,5 \cdot cy \cdot aa_2 - Jz \cdot \omega^2) + (an \cdot m_0 \cdot \omega^2)^2]$$

Неупругие сопротивления в материале упругих связей будем учитывать путем замены коэффициента жесткости упругих элементов зависимостью [2]

$$c = c(1 + i\psi) \quad (5)$$

с последующим определением амплитуд колебаний как модуля комплексного числа, а фазы колебаний – как его аргумента.

На рис. 3 представлены амплитудно-частотные характеристики грохота в режиме, близком к резонансу (рис. 3,а) и в диапазоне рабочих частот колебаний грохота (рис. 3,б) с учетом зависимости (5)

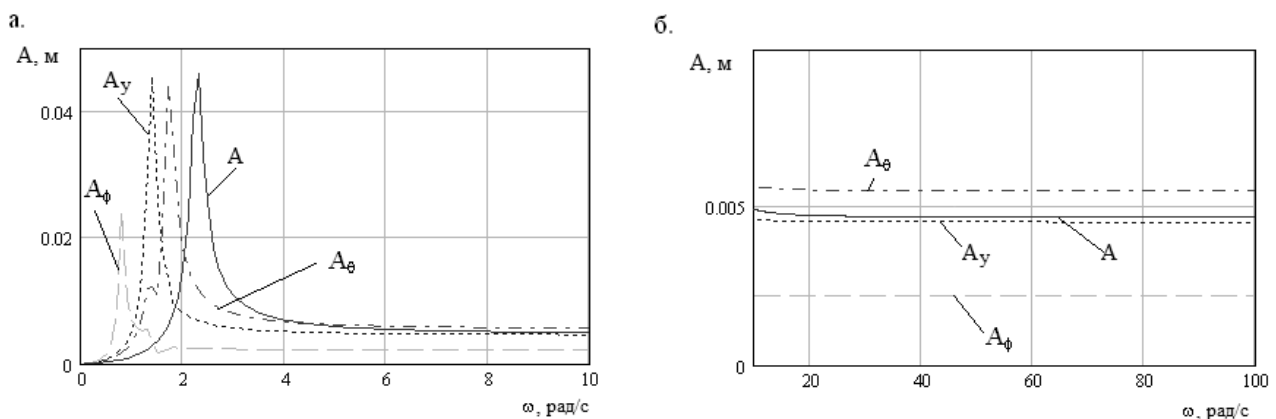


Рис. 3 – Амплитудно-частотные характеристики грохота
 а – амплитудно-частотная характеристика в режиме близком к резонансному;
 б – амплитудно-частотная характеристика в диапазоне рабочих частот

Как видно из рис. 3, в рабочем диапазоне частот колебаний ($\omega=80...100$ рад/с) амплитуды возвратно-поступательных и поворотных колебаний достаточно стабильны. При анализе влияния геометрических (и, соответственно, инерционных и упругих) характеристик грохота нас интересует прежде всего

зависимость от них коэффициента виброперемещения Γ , определяемого как отношение амплитуды ускорения в направлении, нормальном к рабочей поверхности грохота к нормальной составляющей ускорения силы тяжести. В нашем случае выражение для Γ будет иметь вид

$$\Gamma_j = \frac{\sqrt{(A \cdot \sin \beta)^2 - (A_\theta \cdot y_j)^2 \cdot \text{sign}(y_j) \cdot \omega^2}}{g \cdot \cos \alpha} \quad (6)$$

где A и A_θ – амплитуды возвратно-поступательных и поворотных колебаний рабочей поверхности, м; g – ускорение силы тяжести; α – угол наклона просеивающей поверхности к горизонту, град; y_j – координата положения частицы по ширине грохота.

На рис. 4 представлена зависимость Γ по ширине грохота в зависимости от места расположения привода (рис. 4, а) и от длины грохота (рис. 4, б).

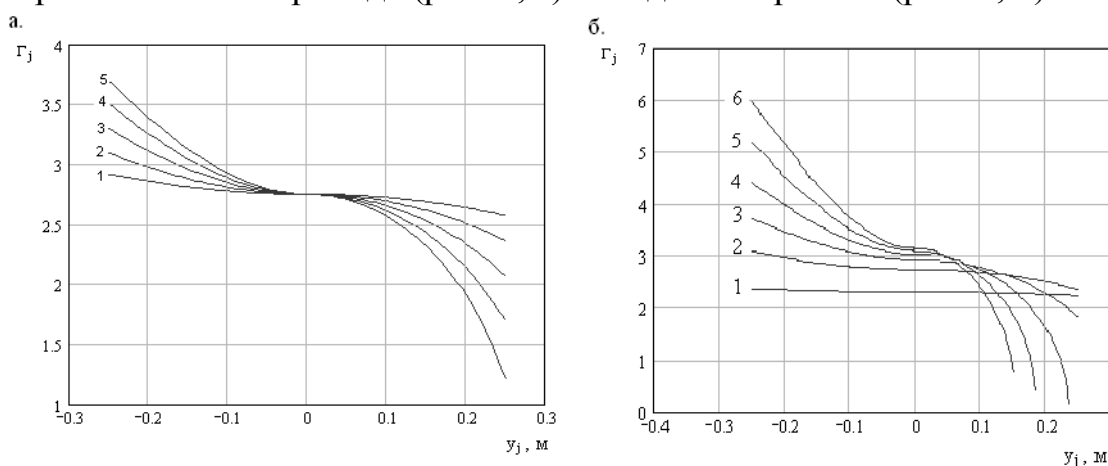


Рис. 4 - Зависимость параметра Γ по ширине грохота

а – зависимость параметра Γ по ширине грохота от места расположения привода

1 – $a_n = 0,2$ м; 2 – $a_n = 0,3$ м; 3 – $a_n = 0,4$ м; 4 – расстояние $a_n = 0,5$ м; 5 – $a_n = 0,6$ м

б – зависимость параметра Γ по ширине грохота от длины грохота

1 – $L = 0,5$ м; 2 – $L = 1$ м; 3 – $L = 1,5$ м; 4 – $L = 2$ м; 5 – $L = 2,5$ м; 6 – $L = 3$ м

Как видно из графика (рис. 4, а), увеличение удаленности расположения привода от центра тяжести короба приводит к увеличению различия в величине Γ в зависимости от положения точки по ширине короба. Изменение параметров Γ влечет за собой изменение скорости перемещения материала, как в продольном, так и в поперечном направлениях. Естественно скорости перемещения определяются также и амплитудными значениями перемещений в этих направлениях. В данной статье эти зависимости не приведены. Из графика на рис. 4, б видно, что при длине грохота свыше 2 м (кривые 4, 5, 6) коэффициент виброперемещения $\Gamma < 1$. При таких параметрах грохота материал будет перемещаться без отрыва от рабочей поверхности, что уменьшит процесс сегрегации и, соответственно, классификацию. Дальнейший анализ показывает, что изменением места расположения привода и размеров грохота можно изменять не только

скоростні характеристики переміщення матеріала, но і напрямлення руху.

Висновки: Зміною геометричних характеристик грохота і положення віброгенератора забезпечується регулювання співвідношення лінійних і кутових переміщень грохота, що призводить до зміни коефіцієнта вібропереміщень по ширині робочої поверхні і, відповідно, руху матеріала як в продольному, так і в поперечному напрямленні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Франчук В.П., Федоскін В.А., Куниця В.Ф. Лабораторні випробування грохота з просторовими коливаннями // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2008. – Вип 33(74). – с. 61 – 65.
2. Франчук В.П., Анциферов А.В. Використання принципу Вольтерра і комплексного модуля еластичності при урахуванні неупругих опорувань в колибательних системах з суттєвою асиметричною нелінійністю // Науковий вісник НГАУ – 2000. – № 2. – с. 30 – 32.

УДК 622.002.68 : 622.277 (043.3)

Т.Ю. Гринюк, канд. техн. наук,
В.О. Козяр, О.М. Прокопюк

(МЭГУ ім. академіка Степана Дем'янчука)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІДЕВМІСНИХ ПОРІД ВОЛИНИ

Розглянуто міденосний рудний район, проведені експериментальні дослідження фізичних властивостей мідевмісних порід, виконаний аналіз можливості видобування міді методами геотехнології, як найбільш ефективними та доцільними на даний час

THE EXPERIMENTAL RESEARCHES OF PHYSICAL PROPERTIES COOPER CONTAINING BREEDS OF VOLIN

A cooper-bearing ore district is considered, experimental researches of physical properties cooper containing breeds are conducted, the analysis of possibility of booty copper is executed by the methods of geotechnology, as most effective and expedient on this time

За даними Рівненської геологічної експедиції ДП «Північгеологія» найбільше зосередження геологорозвідувальних робіт на самородну та сульфідну мідь в останнє десятиріччя відбулось на території Рівненсько-Волинського рудного району [1].

Рівненсько-Волинський міденосний район знаходиться в крайовій південно-західній частині Східно-Європейської платформи (СЄП) (рис. 1). На площі понад 140 тис. км² тут поширені міденосні трапові комплекси нижнього венду, відомі в літературі як волинська серія, потужністю понад 800 м. Під трапами в межах прогину знаходяться рифейські олігоміктові та аркозові відклади поліської серії, а на трапах з розливом залягають верхньовендські вулканіти відклади могилів-подільської серії потужністю 17...170 м [2].

Пошукове буріння з випробуванням базальтових порід на мідь і потенційно можливу благородно-метальну мінералізацію в межах Рафалівського рудного