

**Перечень ссылок**

1. Дриженко А.Ю. Відкриті гірничі роботи: підручник [Текст] / А.Ю. Дриженко ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т – Д.: НГУ, 2014. – 590 с.
2. Анисимов О.А. Технология строительства и разработки глубоких карьеров: Монография [Текст] / О.А. Анисимов. – Д.: Национальный горный университет, 2015. – 272 с. – ISBN 978-966-2267-91-4.

**ABSTRACT**

**Purpose.** Research the using of different systems of mechanization in mining benches steeply inclined layers.

**The methods** of research are consisted in the processing of the statistical data and studying the parameters of the modern equipment with subsequent determination of the width of the steeply inclined layers.

**Findings.** The forming of the width area steeply inclined layers along the waste rock is made in consideration of the complex mechanization and equipment parameters. Intensification of mining steeply inclined layers is possible due to the introduction of additional working equipment (2-3 excavators) and increasing the width of the layer to 95 – 103 m.

**The originality** is consisted in determination of the parameters of working areas and marking-out four classes (variants) mechanization of mining equipment.

**Practical implications.** These complexes are intended for the design and development of the open pits and allow you to define the width of the steeply inclined layer.

**Keywords:** *open pits, steeply inclined layer, mechanized complex of mining equipment.*

УДК 651.82.681.324

© Д.В. Вінівітін

**ДОДАТКОВІ УМОВИ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ НЕЗБІЖНОСТІ  
ФОРМУВАННЯ ОПЕРАТИВНИХ ПЛАНІВ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖНО-  
ТРАНСПОРТНИМ КОМПЛЕКСОМ КАР'ЄРУ**

© D.Vinivitin

**AUXILIARY CONDITIONS TO PREVENT MISMATCH IN MINE&HAUL  
OPERATIONAL PLANNING**

Пропонується метод усунення несумісності обмежень, що виникає внаслідок структурних особливостей гірничотранспортної ситуації на кар'єрі.

Предлагается метод устранения несовместности ограничений, возникающей вследствие структурных особенностей горнотранспортной ситуации на карьере.

Оперативне планування на кар'єрі – процес визначення завдань для обладнання (вантажного, бурового та транспортного) на інтервалі від однієї доби до однієї зміни [1]. В якості вихідних даних на початку оперативного планування виступає місячна програма гірничих робіт, тобто документ, який визначає ті підірвані блоки кар'єру, що підлягають відвантаженню екскаваторами, та ті бурові блоки, що будуть добурюватись та підриватись протягом місяця планування і з яких відбудуватиметься перевезення гірничої маси на пункти розвантаження [2].

Математична модель оперативного планування має в основі задачу визначення таких вантажопотоків від екскаваторів до пунктів розвантаження, які забезпечать виконання завдань з кількості та якості суміші руд, що надходить на подальшу переробку на дробарно-збагачувальному комплексі [3]. Модель має в якості критерію мінімум транспортних витрат на перевезення гірничої маси від екскаваторів до пунктів розвантаження

$$F_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \cdot P_{ij} \Rightarrow \min, \quad (1)$$

та низку обмежень гірничо-технологічного характеру, які добре формалізуються та враховують:

1) обмеження  $A_{n\alpha_j} \leq \sum_{i=1}^n P_{ij} \leq A_{n\alpha_j} + \Delta A_j$  за об'ємом шихти, що надходить на пункт розвантаження;

2) обмеження  $\alpha_{nj} - \Delta \alpha_j \leq \frac{\sum_{i=1}^n P_{ij} \cdot \alpha_i}{\sum_{i=1}^n P_{ij}} \leq \alpha_{nj} + \Delta \alpha_j$  за вмістом корисного компонента в шихті;

3) обмеження  $\sum_{i=1}^n P'_{ij} : \sum_{i=1}^n P''_{ij} : \sum_{i=1}^n P'''_{ij} = T_j : S_j : L_j$  за співвідношенням в шихті різних сортів руд по збагачуваності,

4) обмеження  $Q_{i\min} \leq \sum_{j=1}^m (P_{ij} + V_i) \leq Q_{i\max}$  за об'ємом видобутку кожного екскаватора,

5) обмеження  $P_{ij} \leq P_{ij}^{\max}$  – за об'ємом видобутку з кожної виймальної ділянки.

Застосовані позначення:  $i$  – індекс нумерації екскаваторів,  $i=1..n$ ;  $j$  – індекс нумерації пунктів розвантаження,  $j=1..m$ ;  $c_{ij}$  – вартість транспортування 1 т руди від  $i$ -го екскаватора до  $j$ -го пункту розвантаження, грн.;  $c_{ij} = c \cdot l_{ij}$ ;  $c$  – питома вартість транспортування 1 т руди на 1 км, грн./т·км;  $l_{ij}$  – відстань від  $i$ -го екскаватора до  $j$ -го пункту розвантаження;  $P_{ij}$  – керована величина – обсяг руди, який перевозиться від  $i$ -го екскаватора до  $j$ -го пункту розвантаження;  $\alpha_i$  – вміст корисного компонента в руді, що відвантажує  $i$ -й екскаватор;  $\alpha_{n\alpha_j}$  – потрібна

якість шихти, що сформується на  $j$ -й збагачувальній фабриці;  $P_{ij}^{\max}$  - запас руди;  $A_{пл j}$  – об’єм гірничої маси, що надходить на  $j$ -ий пункт розвантаження;  $\Delta A_j$  – можливе відхилення об’ємних показників руди, що повинна надійти на  $j$ -й пункт розвантаження;  $\Delta \alpha_j$  – припустиме відхилення від  $\alpha_{плj}$ ;  $P'_{ij}, P''_{ij}, P'''_{ij}$  - відповідно обсяги важко-, середньо- та легкозбагачувальних руд, що підлягають вийманню  $i$ -м екскаватором та поставляються на  $j$ -у збагачувальну фабрику;  $T_j, S_j, L_j$  – частки важко-, середньо- та легкозбагачуваних руд в процентному відношенні, що відповідають вимогам  $j$ -ї збагачувальної фабрики;  $Q_{i \min}, Q_{i \max}$  – відповідно мінімальна та максимальна продуктивність екскаватора в конкретному забої;  $V_i$  – обсяг скального розкриття, який потрапив в контур видобуткових робіт  $i$ -го екскаватора.

Але за деяких умов така модель не може повністю гарантувати розв’язання задачі формування вантажопотоків. Розглянемо таку ситуацію. На кар’єрі працюють 11 екскаваторів, які можуть відвантажувати гірничу масу на 9 пунктів розвантаження. Параметри роботи екскаваторів наведені у таблиці 1, а пунктів розвантаження – у таблиці 2.

Таблиця 1

Дані для планування роботи екскаваторів на 15.10.2014

№ екскаватора	Тип гірничої маси	Максимальна продуктивність, тис.м <sup>3</sup> /добу	Можливі пункти розвантажень
11	Граніти	6,47	148
41	Глина	16,35	148, Зах
72	Граніти	3,75	148
47	Кварцити	5,6	148
52	Граніти	3,07	148
40	Граніти	12,27	22, 7, 85
23	Кварцити	2,72	148, Сх, 69, 8, 90
43	Кварцити	2,73	148, Сх, 69, 8, 90
45	Глина	8,86	148, Зах
35	Кварцити	4,77	148, Сх, 69, 8, 90
12	Глина	2,04	148, Зах
Усього		68,63	

Таблиця 2

Дані для планування роботи пунктів розвантаження на 15.10.2014

Назва пункту розвантаження	Тип гірничої маси	Приймальна здатність (максимальна) пункту, тис.м <sup>3</sup> /добу	Екскаватори, що можуть вантажити гірничу масу
69	Скала	1,93	23,43,35
8	Скала	3,22	23,43,35
90	Скала	3,22	23,43,35
22	Скала	3,54	40
85	Скала	3,87	40
7	Скала	4,19	40
148	Розкриття	15,48	11,72,47,52,23,43,35
Сх	Скала	20,77	23,43,35
Зах	Наноси	21,93	12,41,45
	Усього	78,15	

Більш наочно цю ситуацію можна представити графічно (рис.1).

На рис.1 кружечками показані екскаватори, прямокутниками – пункти розвантаження, поруч з фігурами вказані максимальні продуктивності екскаваторів або максимальні приймальні здатності пунктів розвантаження.

Із п'яти вказаних у моделі обмежень в даному випадку актуальними будуть перше і четверте, які утворять 11+9=20 подвійних нерівностей:

1-11) обмеження по продуктивності екскаваторів

$$Q_{40} \leq P_{40-22} + P_{40-85} + P_{40-7} \leq 12,27$$

$$Q_{12} \leq P_{12-3ax} + P_{12-148} \leq 2,04$$

$$Q_{11} \leq P_{11-148} \leq 6,47$$

$$Q_{52} \leq P_{52-148} \leq 3,07$$

$$Q_{72} \leq P_{72-148} \leq 3,75$$

$$Q_{47} \leq P_{47-148} \leq 5,6$$

$$Q_{41} \leq P_{41-3ax} + P_{41-148} \leq 16,35$$

$$Q_{23} \leq P_{23-Cx} + P_{23-148} + P_{23-69} + P_{23-8} + P_{23-90} \leq 2,72$$

$$Q_{43} \leq P_{43-Cx} + P_{43-148} + P_{43-69} + P_{43-8} + P_{43-90} \leq 2,73$$

$$Q_{45} \leq P_{45-3ax} + P_{45-148} \leq 8,86$$

$$Q_{35} \leq P_{35-Cx} + P_{35-148} + P_{35-69} + P_{35-8} + P_{35-90} \leq 4,77$$

12-20) обмеження по приймальним здатностям пунктів розвантаження

$$A_{22} \leq P_{40-22} \leq 3,54$$

$$A_{85} \leq P_{40-85} \leq 3,87$$

$$A_7 \leq P_{40-7} \leq 4,19$$

$$A_{3ax} \leq P_{12-3ax} + P_{41-3ax} + P_{45-3ax} \leq 21,93$$

$$A_{148} \leq P_{12-148} + P_{11-148} + P_{52-148} + P_{72-148} + P_{47-148} + P_{41-148} + P_{23-148} + P_{43-148} + P_{45-148} + P_{35-148} \leq 15,48$$

$$A_{Cx} \leq P_{23-Cx} + P_{43-Cx} + P_{35-Cx} \leq 20,77$$

$$A_{69} \leq P_{23-69} + P_{43-69} + P_{35-69} \leq 1,93$$

$$A_8 \leq P_{23-8} + P_{43-8} + P_{35-8} \leq 3,22$$

$$A_{90} \leq P_{23-90} + P_{43-90} + P_{35-90} \leq 3,22$$

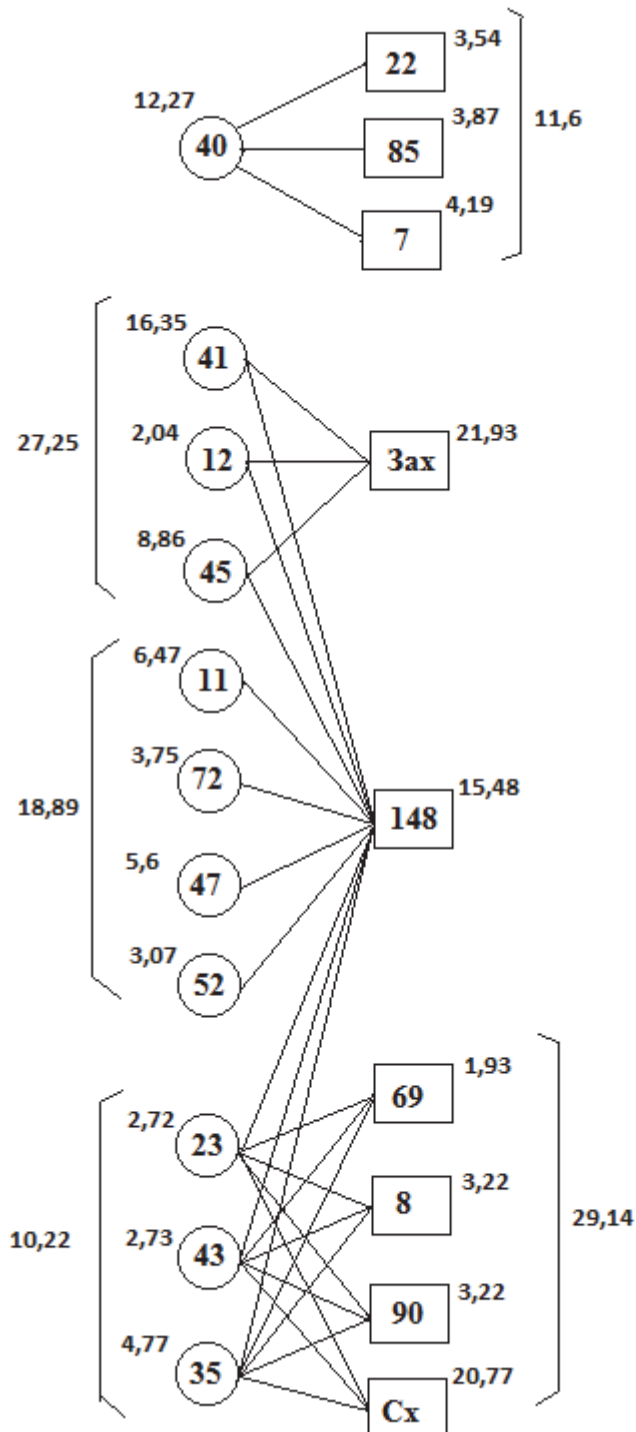


Рис. 1. Початкові дані для визначення вантажопотоків

Користуючись додатковими рекомендаціями щодо визначення лівих частин наведених нерівностей, маємо врахувати наступні аспекти:

1) Маємо невідповідність об'єму, що можуть прийняти пункти розвантаження (78,15), і об'ємів, які можуть відвантажити екскаватори (68,63).

2) У загальній схемі формування вантажопотоків (рис.1) виділимо локальні підсистеми: одна з таких підсистем повністю автономна, а інші – автономні умовно.

а) Підсистема, утворена екскаватором 40 та пунктами розвантаження 22,85,7 повністю автономна – екскаватор не може працювати на інші пункти, а пункти не можуть приймати гірничу масу від інших екскаваторів. Продуктивність екскаватору складає 12,27 одиниць об'єму, приймальна здатність пунктів розвантаження – 11,6 одиниць. Мінімальні приймальні здатності пунктів приймаємо рівними максимальним (для пункту 22 – 3,54, для 85 – 3,87, для 7 – 4,19), а для екскаватору 40 мінімальна продуктивність складе 11,6.

б) Друга підсистема складається умовно з трьох частин. Але умовою виокремлення локальної підсистеми є те, що у екскаватора або пункту розвантаження повинен бути єдиний зв'язок, тобто, наприклад, екскаватор може відвантажувати гірничу масу лише на один пункт розвантаження. Таких екскаваторів у другій підсистемі – чотири (11,72,47,52), але вони пов'язані із пунктом розвантаження, на який можна транспортувати гірничу масу майже від усіх екскаваторів. Тому спробуємо спочатку скласти розподіл вантажопотоків для усієї другої підсистеми як суцільної. Тоді при сумарній продуктивності екскаваторів (12,41,45,11,72,47,52,23,43,35) у 56,36 од.об. і приймальній здатності пунктів (Західний,148,69,8,90, Східний) 66,55 од.об. потрібно підрахувати мінімальні продуктивності пунктів розвантаження:

для пункту Західний –  $21,93 \cdot 56,36 / 66,55 = 18,57$ ;

для пункту 148 –  $15,48 \cdot 56,36 / 66,55 = 13,11$ ;

для пункту 69 –  $1,93 \cdot 56,36 / 66,55 = 1,63$ ;

для пункту 8 –  $3,22 \cdot 56,36 / 66,55 = 2,73$ ;

для пункту 90 -  $3,22 \cdot 56,36 / 66,55 = 2,73$ ;

для пункту Східний –  $20,77 \cdot 56,36 / 66,55 = 17,59$ .

Але модель розв'язку не має:

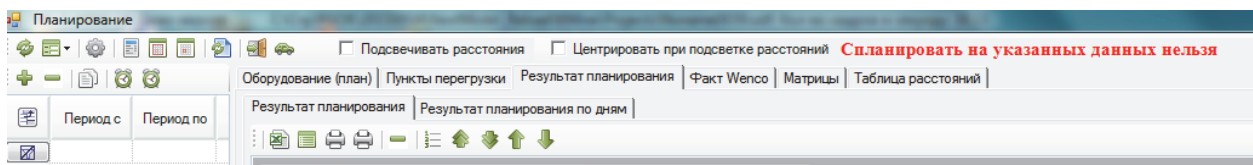


Рис. 2. Результат розв'язання підсистеми 2б

Тоді спробуємо відокремити вищевказані екскаватори 11,72,47,52, сумарна продуктивність яких складає 18,89, тоді як приймальна здатність пункту - 15,48. Розраховуємо мінімальні продуктивності екскаваторів:

для екскаватора 11 –  $6,47 \cdot 15,48 / 18,89 = 5,3$ ;

для екскаватора 72 –  $3,75 \cdot 15,48 / 18,89 = 3,07$ ;

для екскаватора 47 –  $5,6 \cdot 15,48 / 18,89 = 4,59$ ;

для екскаватора 52 –  $3,07 \cdot 15,48 / 18,89 = 2,52$ .

Для тих екскаваторів та пунктів, що залишились після відокремлення вказаної підсистеми маємо наступні значення продуктивностей: 37,47 та 51,07 відповідно. Для таких значень потрібно розрахувати мінімальні приймальні здатності пунктів:

для пункту Західний –  $21,93 \cdot 37,47 / 51,07 = 16,09$ ;

для пункту 69 –  $1,93 \cdot 37,47 / 51,07 = 1,42$ ;

для пункту 8 –  $3,22 \cdot 37,47 / 51,07 = 2,36$ ;

для пункту 90 –  $3,22 \cdot 37,47 / 51,07 = 2,36$ ;

для пункту Східний –  $20,77 \cdot 37,47 / 51,07 = 15,24$ .

Але розв'язку все одно знайти не вдалось.

Спробуємо ввести додаткове правило для формування параметрів продуктивності: якщо пункт розвантаження (екскаватор) при відокремленні його до умовно локальної підсистеми має приймальну здатність меншу за продуктивність екскаваторів (пунктів розвантаження), що складають дану підсистему, то усі інші можливі вантажопотоки до пункту розвантаження (екскаватора) вважаються неіснуючими.

У нашому випадку пункт розвантаження 148 має приймальну здатність 15,48, меншу, ніж сумарна продуктивність екскаваторів 11,72,47,52, що складає 18,89. Тому відокремивши пункт 148 та екскаватори 11,72,47,52 до локальної системи, будемо вважати, що інші екскаватори (12,41,45,23,43,35) не повинні транспортувати гірничу масу до пункту 148. Тоді вказані у дужках екскаватори та пункти Західний, 69,8,90 і Східний розбиваємо на дві локальні підсистеми. Перша з цих підсистем складається з екскаваторів 12,41,45 та пункту Західний, продуктивності яких 27,25 та 21,93 відповідно. Розрахуємо мінімальні продуктивності екскаваторів:

для екскаватора 12 –  $2,04 \cdot 21,93 / 27,25 = 1,64$ ;

для екскаватора 41 –  $16,35 \cdot 21,93 / 27,25 = 13,16$ ;

для екскаватора 45 –  $8,86 \cdot 21,93 / 27,25 = 7,13$ .

Друга з підсистем, яку можна отримати, складають екскаватори 23,43,35 та пункти розвантаження 69,8,90, Східний, продуктивності яких відповідно 10,22 та 29,14. Розраховуємо мінімальні приймальні здатності пунктів розвантаження:

для пункту 69 –  $1,93 \cdot 10,22 / 29,14 = 0,68$ ;

для пункту 8 –  $3,22 \cdot 10,22 / 29,14 = 1,13$ ;

для пункту 90 –  $3,22 \cdot 10,22 / 29,14 = 1,13$ ;

для пункту Східний –  $20,77 \cdot 10,22 / 29,14 = 7,28$ .

Внесемо корективи до моделі та спробуємо знайти розв'язок (рис.3):



VariantNoSt	DateResult	TypeResult	Equipment	HandlingItem	Distance	TypeRockMass	RockMass
На период	0 09.10.2014	за сутки	№40 EX5600	ПП 22 вскрыша...	2694,00	Вскрыша	Граниты

Рис. 3. Результат планування

Отримали наступний розв'язок:  $P_{12-3ax}=1,64$ ;  $P_{41-3ax}=13,16$ ;  $P_{45-3ax}=7,13$ ;  $P_{11-148}=5,3$ ;  $P_{52-148}=2,52$ ;  $P_{72-148}=3,07$ ;  $P_{47-148}=4,59$ ;  $P_{23-Cx}=2,27$ ;  $P_{23-69}=0,05$ ;  $P_{23-8}=0,2$ ;  $P_{23-90}=0,2$ ;  $P_{43-Cx}=2,17$ ;  $P_{43-69}=0,09$ ;  $P_{43-8}=0,24$ ;  $P_{43-90}=0,24$ ;  $P_{35-Cx}=2,84$ ;  $P_{35-69}=0,54$ ;  $P_{35-8}=0,69$ ;  $P_{35-90}=0,69$ .

Таким чином, до представленої вище математичної моделі оперативного управління на кар'єрі слід додавати наступні правила при формуванні транспортних потоків від екскаваторів на пункти розвантаження:

1. При невідповідності об'ємів екскаваторів та пунктів розвантаження потрібно пропорційно змінювати мінімальну продуктивність тих суб'єктів процесу оперативного планування, які мають більшу продуктивність.

2. Загальну схему можливого формування вантажопотоків необхідно розбити на локальні умовно самостійні підсистеми. Основним фактором розбиття можна прийняти той фактор, що екскаватор може відвантажувати гірничу масу лише на один пункт розвантаження або той, що пункт розвантаження може забезпечуватись гірничою масою лише від одного екскаватора. Якщо пункт розвантаження (екскаватор) при відокремленні його до умовно локальної підсистеми має прийнятну здатність меншу за продуктивність екскаваторів (пунктів розвантаження), що складають дану підсистему, то усі інші можливі вантажопотоки до пункту розвантаження (екскаватора) вважаються неіснуючими.

3. Слід обов'язково також виділити підсистеми, які повністю відповідають поняттю самостійності, тобто коли  $m_1$  екскаваторів утворюють локальну систему вантажоперевезень з  $n_1$  пунктами розвантаження.

4. Розрахунок мінімальних продуктивностей слід проводити в межах кожної локальної підсистеми.

#### Перелік посилань

1. Сысоев А.А., Литвин О.И. Управление качеством продукции карьеров. – КузГТУ, 2008. – 255 с.
2. Бызов В.Ф. Управление качеством продукции карьеров. – М.: Недра, 1991. – 239 с.



3. Арсеньев С.Я., Прудовский А.Д. Внутрикарьерное усреднение железных руд. – М.: Недра, 1980. – 248 с.

#### **ABSTRACT**

**The purpose** of work consists of increasing of the definiteness of the task of the linear programming at the operative planning of work of mine transport equipment of iron-ore quarry. It is suggested to labour the removal of unjointness of limiting of the task structuring of them and selection of the parameters of the productivity in accordance with the mine transport situation folded on the open-pit.

**The methods** of solving the task of setting of loading on the embarking, transport and receiving equipment of the open -pit are examine the structural analysis of the systems of mine transport situation on the open-pit and linear programming.

**Findings.** The results of the researches are presented as additional rules of algorithm of forming the task of the operative planning.

**The originality** consists of improvement of the methodology of task of the operative planning by her additional structuring in accordance to the folded mine transport situation on the open-pit and adaptivity of the determination of plan parameters of the productivity of the equipment.

**Practical implications** of the results consists of the increase of correctness of determination of plan indexes of the productivity of separate pieces of equipment and quarry on the whole, reduction of plan and actual indexes of work of equipment of the open-pit, and also improvement of the mathematical and programmatic providing of automatic systems of the operative planning.

**Keywords:** operative planning, iron-ore open-pit, unjointness of the system of limitations, structural analysis of mine transport situation.

УДК 622.272+541.1

© А.А. Гайдай, М.В. Петлёванный

### **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УЛУЧШЕНИЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЁРДОГО ТОПЛИВА ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, КАК ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ**

© A. Haidai, M. Petlyovanyi

### **METHODOLOGICAL ASPECTS IMPROVE STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SOLID FUEL TECHNOGENIC DEPOSITS AS DISPERSE SYSTEMS**

Обоснованы технологические параметры, влияющие на улучшение структурно-механические свойства минерального сырья техногенных месторождений, как дисперсных систем. Применяемыми методами исследований являлись: измерения структурно-