

Розглянутий метод - це по суті статистичний метод. Тепер розглянемо *статистико-механічне* розуміння ентропії, яке обґрунтував Л. Больцман для *рівноважних термодинамічних систем*.

Як відомо, *рівноважна термодинамічна система* - це система, у всіх областях якої швидко встановлюється певна температура і довгий час не змінюється.

У таких системах можуть відбуватися лише процеси *деструктивного* характеру, що супроводяться поступовим зростанням *ентропії*.

Необоротний характер процесів пов'язаний з переходом від станів менш ймовірних до станів більш ймовірних. Людвіг Больцман показав, що ентропія S пропорційна логарифму ймовірності даного стану

$$S = k \cdot \ln W, \quad (5)$$

де W - термодинамічна ймовірність даного стану, це число можливих розподілів елементів системи за координатами і швидкостями, тобто це кількість мікростанів, які неперервно змінюють один одного і є мірою неупорядкованості макросвіту.

Очевидною є пропорційність між W і V^N :

$$W \sim V^N, \text{ де } N - \text{кількість молекул у даному об'ємі } V.$$

Тоді матимемо

$$\frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^N \quad (6)$$

Оскільки зміна ентропії $\Delta S = S_2 - S_1 = k(\ln W_2 - \ln W_1) = k \ln \frac{W_2}{W_1}$, то, враховуючи формулу (6),

матимемо $\Delta S = k \ln(V_2/V_1)^N = kN \ln(V_2/V_1) = \nu R \ln(V_2/V_1)$.

Прийшли до формули (3) і цим підтвердили рівноправність енергетичного та статистичного підходів до визначення ентропії.

Ентропія системи слугує мірою «обезцінення» її енергії.

Тоді маємо, що друге начало термодинаміки стверджує неможливість зменшення ентропії в ізольованій системі, тобто, що в ізольованій системі $\Delta S \geq 0$.

Класична термодинаміка, яку Людвіг Больцман намагався обґрунтувати за допомогою класичної механіки, описує тільки поведінку *строго ізольованих систем*, близьких до *стану термодинамічної рівноваги*, і які відхиляються від неї *лише в межах чисто статистичних флуктуацій*.

Зауважимо, що в теорії інформації ентропія є мірою невизначеності ситуації.

Але реально існуючі системи не є рівноважними - в окремих їх частинах завдяки флуктуаціям можуть самодовільно з'являтися процеси *самоорганізації*, самовиникнення із хаосу нерівноважних, так званих *дисипативних* структур, які живляться вільною енергією зовнішнього середовища. Приклади таких процесів - перлисті хмари в небі, самозародження життя на Землі та біологічна еволюція.

Але ж у *впорядкованих* системах ентропія менша. Чи це не є порушенням другого начала термодинаміки? Гостра дискусія на цю тему продовжувалась декілька років і, в кінці кінців, завершилась перемогою прибічників строгого виконання *фундаментальних* законів природи.

Але при цьому було зроблено ряд уточнень змісту використовуваних слів. Наприклад, ревізії підлягав смисл поняття «хаос» і поняття «система».

Хаос у рівноважних системах носить суто *статистичний* характер, і ми говоримо лише про ймовірність відхилення системи від стану рівноваги. Реакція такої системи на ту чи іншу збурюючу дію є *лінійною* (вона *прямо пропорційна* збурюючій силі і намагається повернути систему в попередній стан). Так, якщо по гладенькій трубці тече рідина з *невеликою* швидкістю, то в ній випадково виникають малі завихрення. Але вони самі по собі гасяться, і в цілому потік залишається упорядкованим, ламінарним.

Але якщо система *сильно нерівноважна*, тобто має значний надлишок вільної енергії, то в ній може виникнути хаос особливого виду - *динамічний*. Реакція такої системи на збурюючу дію *нелінійна* і може бути як завгодно великою при дуже малому первинному збуренні. Так, якщо швидкість руху рідини по трубці перевищує деяку критичну величину, то найменша неоднорідність цього потоку відразу приведе до катастрофічного перетворення ламінарного потоку в неупорядкований, *турбулентний*.

Однак динамічний хаос визначний тим, що, по-перше, за непередбачуваною поведінкою системи криється строгий *детермінізм* (визначеність) - всі процеси в системі можна математично *розрахувати* з високою точністю. По-друге, особливість такого хаоса, як уже згадувалось, полягає в тому, що він може слугувати джерелом *самозародження* строго упорядкованих структур. Наприклад, у турбулентному потоці можуть виникати *стійкі* вихрі - подібні вихрі можна спостерігати за човном, який швидко пливе. Закономірність виникла із хаоса. Це результат самоорганізації матерії. Отже, хаос за певних умов може породити порядок.

Оскільки для хаотичних систем вводиться *ймовірнісний* опис, з'являється поняття *малоймовірності оборотності процесу*. Виходить, що хаос вводить *стрілу часу!* І ймовірність стає вираженням хаосу. Тепер всі системи, які допускають необоротний ймовірнісний опис, вважаються хаотичними. Тобто Ілля Пригожин перевів *хаос* у позитивний засіб дослідження процесів.

Як бачимо, синергетика - це стежина між безжиттєвими (ньютонівськими) законами і вируючими подіями. Тепер відкриваються нові горизонти і нові нерозв'язані питання.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Наведений огляд стану фізичної науки та її відображення в навчальних посібниках вказує на необхідність поглибленого розгляду окремих понять курсу фізики.

Автором запропоновано інтегративний підхід до вивчення понять ентропія, хаос і порядок, що полягає у наступних кроках:

для розуміння і сприйняття першокурсниками вказаних понять пропонується повторення відповідного матеріалу, що вивчався у середній школі (зокрема через зінтегровану автором таблицю теплових процесів);

з огляду на значущість поняття ентропії в різних науках, його розглянуто в різних аспектах: термодинамічному і статистико-механічному, а також показано зв'язок між ними;

підкреслено узгодженість II начала термодинаміки і високої організованості навколишнього світу (за умови уточнення смислу понять хаос, система та ін.).

Матеріал статті доцільно розмножити і адресувати студентам як додаткову інформацію до вивчення термодинаміки, МКТ та інших теорій.

Список літератури

1. **Повар С.В.** Узагальнюючі таблиці з фізики як засіб формування продуктивного стилю мислення студента // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: зб.наук. праць. Вип. УШ, т.2 – Кривий Ріг: Вид. Відділ НМетАУ, 2010. – С. 275-279.
2. **Пригожин И., Стенгерс И.** Порядок из хаоса / Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1986.- 431 с.
3. **Пригожин И., Стенгерс И.** Время, хаос и квант: К решению парадокса времени.-М.: Прогресс, 1994.-265 с.
4. **Хокинг С.** От большого взрыва до черных дыр. Краткая история времени.-М.: Мир, 1990.- 166 с.
5. **Яворский Б.М., Детлаф А.А.** Справочник по физике: 3-е изд.- М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1990. – 624 с.
6. **Самин Д.К.** 100 великих научных открытий. – М.: Вече. 2002, - 480с.
7. **Хакен Г.** Синергетика / Пер. с нем. – М.: Мир, 1980.
8. **Кучерук І.М., Горбатюк І.Т., Луцик П.П.** Загальний курс фізики: Навч.посібник для студентів вищих техн. і пед. закладів освіти. – К.: Техніка, 1999. – 536 с.
9. **Тарасов Л.В.** Современная физика в средней школе. – М.: Просвещение, 1990. – 288 с.
10. **Осипов А.И.** Термодинамика вчера, сегодня, завтра. Часть 1. Равновесная термодинамика / Соросовский Образовательный Журнал. 1999. №4. – С. 79-85.

Рукопис подано до редакції 17.02.14

УДК 621.86.067.2.5-83

Д.В. БАТРАКОВ, асистент, Ю.Г. ГОРБАЧОВ, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОМАСНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ ТРАНСПОРТУЮЧОЇ МАШИНИ З ІНЕРЦІЙНИМ ПРИВОДОМ

Наведено математичний опис та проведене математичне моделювання динаміки одномасної вібраційної транспортуючої машини з інерційним дебалансним приводом та направленим рухом коливань робочого органу. Проведений аналіз отриманих характеристик при зазначених вихідних динамічних параметрах. Отримані характеристики та залежності можуть використовуватись при оцінці можливості регулювання параметрів амплітуди і частоти

коливань робочого органу для підтримки високої ефективності роботи вібраційної установки.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Підземна розробка запасів корисних копалин в умовах залізрудних шахт Кривбасу проводиться системами з підповерховим і поверховим обваленням, а також поверхово-камерними системами [1-4]. Одною з найбільш трудомістких ланок у цих системах є випуск і доставка руди, витрати на який складають до 25% [2,4,7], що обумовлюється недосконалістю механізмів, значним обсягом робіт з випуску руди та її вторинного дроблення. Розробка покладів корисних копалин пов'язана з переходом на значні глибини, що різко позначається на трудомісткості процесу, збільшення собівартості руди і пред'являє підвищені вимоги до інтенсифікації, концентрації та підвищення ефективності робіт з випуску гірничої маси. Випуск руди в умовах залізрудних шахт криворізького басейна здійснюється одномасними вібромашинами з інерційним приводом типу 1АШЛ, ЛШВ-3,35, ВДПУ-4ТМ, ПВУ, які в недостатній мірі приведені у відповідність з конкретними гірськими умовами, що знижує ефективність їх застосування [4,7].

Одним з основних завдань сучасної теорії і практики вібраційного транспортування руди є оптимізація режимів руху матеріалу по віброуючій поверхні. Оскільки одним з найважливіших показників роботи вібротранспортуючої машини (ВМ) є її продуктивність [3,10,21], що визначається головним чином швидкістю транспортування матеріалу і корисним перетином вантажонесучого органу (ВО), то завдання оптимізації режиму зводиться в основному до відшукування таких значень параметрів ВМ, при яких швидкість переміщення матеріалу буде максимальною в процесі навантаження і мінімально можливою в процесі досипання руди у вагонетки. Враховуючи, що швидкість руху матеріалу по віброуючій поверхні переважно визначається величиною амплітуди і частотою коливань ВО, а також напрямком коливань ВО та кутом нахилу останнього до горизонту [5,10,14,19], стає очевидним актуальність розрахунку і комплексного розгляду амплітудо-частотних, енергетичних, силових, потужнісних та механічних характеристик одномасної вібраційної системи з інерційним приводом, що надає можливість найбільш точного визначення технологічних параметрів віброприводу та їх урахування в процесі дослідження, проектування, та експлуатації вібраційних установок, зокрема для випуску руди.

Аналіз досліджень і публікацій. Важливі питання теорії і розрахунку ВМ та їх робочих характеристик досить широко розглянуті в роботах А. О. Співаковського, І. Ф. Гончаревича, І. І. Блехмана, В.Н. Потураєва, А.Д. Учителя та ін. [3,8-22]. Встановлено, що на рух матеріалу по віброуючій поверхні впливає його об'ємна вага, товщина шару на ВО, гранулометричний склад і форма частинок матеріалу, вологовміст і липкість, пружність частинок, сили зовнішнього і внутрішнього тертя частинок, повітропроникність шару матеріалу і ряд інших факторів. Таке різноманіття факторів, що визначають процес вібротранспортування, ускладнює його дослідження аналітичними методами і ставить відомі межі застосування та узагальнення результатів експериментів. Залежно від зміни властивостей матеріалу для підтримки високої ефективності роботи ВМ необхідним є забезпечення можливості регулювання параметрів амплітуди і частоти коливань ВО. Для визначення робочих характеристик та залежностей необхідний розрахунок динаміки одномасних вібраційних транспортуючих машин.

Викладення матеріалу і результати. На початку математичного моделювання динаміки одномасної вібраційної транспортуючої машини (ВТМ) з інерційним дебалансним приводом побудуємо її розрахункову схему, яка відображає принципові геометричні, кінематичні та динамічні особливості конструкції. При цьому враховується принципова схема машини, яка повинна включати всі основні елементи конструкції.

Частина маси пружних зв'язків та інших елементів рухаються разом з лотком. Частина технологічного навантаження, що переміщується разом з лотком (так звана приєднана маса матеріалу) враховується коефіцієнтом $\lambda=0,1\div 0,4$ [10,14,20,21] і показує, яка частина від всієї маси матеріалу, що транспортується, рухається як одне ціле з ВО. Приведена маса вантажонесучого органу визначається як сума

$$m = m_r + \lambda m_m, \quad (1)$$

де m_r - маса ВО з урахуванням приєднаних мас пружних зв'язків, стійок, підвісок та інших елементів машини, кг; m_m - маса всього матеріалу, що знаходиться на ВО, кг.

Розрахункова схема включає наведену динамічну жорсткість основних пружних зв'язків ВМ C , динамічні і кінематичні параметри її привода: ексцентриситет r , наведену жорсткість

приводних пружних зв'язків C_0 . Внутрішні опори в матеріалі пружних зв'язків, що мають у разі застосування гумових деталей в'язкий характер, враховуються коефіцієнтом μ . Наведені динамічні жорсткості визначаються на підставі загальних правил розрахунку та приведення жорсткостей.

Динамічна розрахункова схема одномасної ВМ з пружним приводом в теорії коливань називається осцилятором (рис.1). Осцилятор володіє одним ступенем свободи відповідно узагальненій координаті x , яка описує рух системи в напрямку робочих коливань. До такої розрахунковій схеми можуть бути приведені одномасні ВМ з направленим рухом ВО, завдяки чому осцилятор є органічною складовою частиною їх розрахункової схеми.

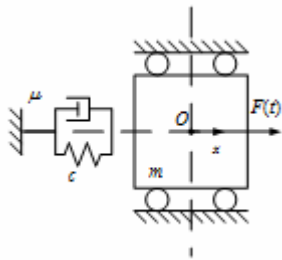


Рис. 1. Осцилятор зі збуджуючою силою $F(t)$

Скориставшись методом Даламбера, складемо рівняння руху лінійного осцилятора, що знаходиться під впливом збуджуючої сили $F(t)$

$$m\ddot{x} = -S + F(t), \quad (2)$$

де S - пружно-в'язка сила, що діє на масу m з боку пружних зв'язків.

Розглянемо питання про внутрішні опори в матеріалі пружних зв'язків. Деформація матеріалів, що застосовуються для виготовлення еластичних зв'язків ВМ, супроводжуються різними пластичними і в'язкими ефектами [6,20-24]. Одним із проявів пружних недосконалостей матеріалів, який має велике практичне значення при їх циклічному деформуванні в ВМ, є пружній гістерезис або так зване внутрішнє тертя (опір). Фізично процес внутрішнього тертя в матеріалі характеризується тим, що на діаграмі напруга - деформація криві навантаження і розвантаження матеріалу не збігаються, утворюючи замкнену петлю. Площа цієї петлі гістерезису пропорційна кількості енергії, яка розсіюється у вигляді тепла за розглянутий цикл деформації. Енергія, що накопичується в пружних зв'язках при багаторазовій циклічній деформації, призводить до їх нагрівання до сталої температури, відповідної тепловому балансу між енергією, яка утворюється в матеріалі, і енергією, що розсіюється в навколишнє середовище.

Як відомо з теорії коливань, опори, що діють в пружній системі, істотно впливають на коливальний процес, головним чином, при резонансі, коли від величини діючих опорів залежать амплітуди коливань і зсув фаз між переміщеннями елементів системи в процесі коливального руху. Необхідним для розрахунку ВМ є урахування внутрішніх опорів в матеріалі пружних зв'язків особливо при проходженні через зону резонансу зарезонансних ВМ, якою є, зокрема, вібролюк типу 1АШЛ. При розрахунках параметрів ВМ з урахуванням внутрішніх опорів велике значення має не тільки сам факт наявності внутрішніх опорів, але і їх величина, що робить істотний вплив як на якісну, так і на кількісну сторону коливального процесу. Величина внутрішніх опорів залежить насамперед від матеріалу пружних зв'язків. В якості основної кількісної міри внутрішніх опорів можна прийняти так званий коефіцієнт поглинання ν , $\nu = (\Delta W/W) = 0,3$ для гуми амортизаційної, що кількісно дорівнює відношенню ΔW енергії необоротно поглиненої тілом за один цикл деформації, до всієї потенційної енергії W , що відповідає амплітуді деформації за той же цикл. Крім залежності від властивостей матеріалу, внутрішні опори істотно залежать від режиму деформації пружного зв'язку – амплітуди і частоти. Практично найбільш зручний спосіб урахування внутрішніх опорів ґрунтується на гіпотезі в'язкого тертя, згідно з якою опори приймаються пропорційними швидкості або частоті деформації пружного зв'язку. Напруга в пружному зв'язку за цією гіпотезою визначається залежністю $\sigma = E\varepsilon + \mu E\dot{\varepsilon}$, де E - динамічний модуль пружності матеріалу пружного зв'язку; ε - відносна динамічна деформація пружного зв'язку; μ – коефіцієнт внутрішніх опорів матеріалу, який визначається експериментально. Урахування внутрішніх опорів при коливаннях пружних систем за допомогою коефіцієнта μ і урахування цих опорів за допомогою декременту загасання принципово не відрізняються, так як декремент загасання δ і коефіцієнт μ пов'язані співвідношенням $\mu = \frac{\nu}{2\pi\omega} = \frac{2\delta}{2\pi\omega} = \frac{\delta}{\pi\omega}$. При розрахунку динаміки ВМ можна застосовувати наступні усереднені значення коефіцієнта μ [21-24]: при роботі гумових деталей на зсув і удар - $(0,6-0,7) \cdot 10^{-3}$ с, при роботі гумових деталей на стиск - $(0,8-1,2) \cdot 10^{-3}$ с.

Вважаючи, що внутрішні опори в матеріалі пружних зв'язків підкорюються гіпотезі в'язкого тертя, пружно-в'язка сила в основних пружних зв'язках при зсуві центру тяжіння O маси m (див. рис. 1) на величину x визначиться виразом

$$S = c(x + \mu \dot{x}). \quad (3)$$

Підставляючи (3) в рівняння (2), отримаємо неоднорідне диференціальне рівняння другого порядку, що описує рух лінійного осцилятора

$$m\ddot{x} + \mu c\dot{x} + cx = F(t) \quad (4)$$

або

$$\ddot{x} + \mu p_1^2 \dot{x} + p_1^2 x = \frac{1}{m} F(t). \quad (5)$$

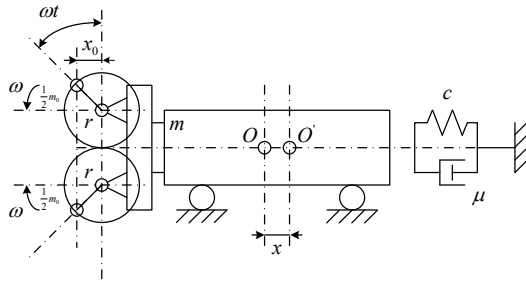
Рівняння (4,5) є основними рівняннями для розрахунку і аналізу одномасних ВТМ з направленим рухом ВО. Вираз збудуючої сили $F(t)$ залежить від типу приводу, встановленого на ВМ. Величина $p = \sqrt{c/m}$ називається власною частотою осцилятора. Резонанс, який виникає в системі (рис. 1), коли частота зміни збудуючої сили приводу $F(t)$ збігається з частотою p_1 є «осциляторним резонансом». Частота p_1 в загальному випадку може відрізнитися від власної частоти системи p , яка залежить не тільки від жорсткості основних пружних зв'язків, але також і від динамічних властивостей приводу (маси дебалансів та ін.).

Динамічна розрахункова схема ВМ з інерційним дебалансним приводом (рис. 2) та направленими коливаннями складається з лінійного осцилятора і приводу, що має два дебалансних вібратора, що обертаються в протифазі. Маса кожного дебаланса становить $0,5m_0$ і розташована на відстані r від осі обертання.

Збудуючі сили діють у напрямі робочих коливань машини, врівноважуючись в напрямку нормального до робочого. Сила, що розвивається приводом при нерухомій (не обуреній) системі

$$F_0(t) = -m_0 \ddot{x}_0, \quad (6)$$

Рис. 2. Розрахункова схема одномасної ВТМ з інерційним приводом та направленим рухом ВО



де проекція на вісь x переміщення дебалансних мас при не збуреній системі

$$x_0 = r \sin \omega t. \quad (7)$$

Під дією приводу центр ваги маси m зміщується на величину x , набуваючи прискорення \ddot{x} , завдяки чому збудуюча сила, що діє на осцилятор, складе

$$F(t) = -m_0(\ddot{x}_0 + \ddot{x}), \quad (8)$$

або після підстановки x_0 з формули (7), отримуємо

$$F(t) = m_0(r\omega^2 \sin \omega t - \ddot{x}). \quad (9)$$

Підставивши в диференціальне рівняння руху осцилятора (2) значення $F(t)$ з виразу (9), отримаємо диференціальне рівняння, що описує рух ВМ з інерційним самобалансним приводом

$$(m + m_0)\ddot{x} + \mu c\dot{x} + cx = m_0 r \omega^2 \sin \omega t. \quad (10)$$

Частинний розв'язок (10), що відповідає сталим коливанням системи, має вигляд

$$x = A \sin(\omega t - \varphi), \quad (11)$$

де амплітуда вимушених коливань системи

$$A = \frac{m_0 r \omega^2}{\sqrt{\mu^2 c^2 \omega^2 + (c - m \omega^2 - m_0 \omega^2)^2}}, \quad (12)$$

а кут зсуву фаз між переміщенням x і зміщенням дебалансів приводу x_0

$$\varphi = \arctg \frac{\mu c \omega}{c - m \omega^2 - m_0 \omega^2}. \quad (13)$$

Для оцінки збудуючої сили приводу підставимо (11) у вираз (9) і отримуємо

$$F(t) = P \sin(\omega t - \varphi), \quad (14)$$

де амплітуда збудуючої сили приводу

$$P = m_0 r \omega^2 \sqrt{\frac{\mu^2 c^2 \omega^2 + (c - m \omega^2)^2}{\mu^2 c^2 \omega^2 + (c - m \omega^2 - m_0 \omega^2)^2}} \quad (15)$$

і кут зсуву фаз між зсувом дебалансів приводу x_0 і збурюючою силою $F(t)$

$$\psi = \arctg \frac{m_0 \mu c \omega^3}{\mu^2 c^2 \omega^2 + (c - m \omega^2)(c - m \omega^2 - m_0 \omega^2)} \quad (16)$$

Для визначення енергії, що виконується збурюючою силою та розсіюється за один цикл коливань в розглянутій системі з інерційним приводом, розрахуємо петлю гістерезису. Підставляючи в вираз для сили в пружному зв'язку S значення x з формули (7), отримаємо

$$S = cx + \mu c \dot{x} = cA \sin(\omega t - \varphi) + \mu c A \omega \cos(\omega t - \varphi) \quad (17)$$

Виключаючи час t з формул (9) і (14), маємо

$$\bar{S} = cx \pm \mu c A \omega \sqrt{1 - \frac{x^2}{A^2}} \quad (18)$$

Рівняння (18) описує еліптичну петлю гістерезису. Напіввісі еліпсу, виміряні в напрямі координатних осей, складають A і $\mu c A \omega$. Площа петлі гістерезису становить

$$W = \int_{-r}^r \bar{S} dx - \int_{-r}^r \bar{S} dx = c \left[\int_{-r}^r \left(x + \mu A \omega \sqrt{1 - \frac{x^2}{A^2}} \right) dx - \int_{-r}^r \left(x - \mu A \omega \sqrt{1 - \frac{x^2}{A^2}} \right) dx \right] \quad (19)$$

і після підстановки (12) у формулу (19) маємо

$$W = \frac{\pi \mu c m_0^2 r^2 \omega^5}{\mu^2 c^2 \omega^2 + (c - m \omega^2 - m_0 \omega^2)^2} \quad (20)$$

Відповідно потужність, що витрачається на подолання опорів у пружних зв'язках

$$N = \frac{W}{T} = \frac{\mu c m_0^2 r^2 \omega^6}{2[\mu^2 c^2 \omega^2 + (c - m \omega^2 - m_0 \omega^2)^2]} \quad (21)$$

Для більш наочної кількісної оцінки впливу інерційного типу приводу віброустановки на характеристики системи розглянемо чисельний приклад. Вихідні динамічні параметри приводу вібролюка 1АШЛ: осцилятор з приведеною масою $m=5152$ кг; приведена жорсткість основних пружних зв'язків $C=3508 \cdot 10^3$ Н/м; в'язкість основних пружних зв'язків $\mu=0,68 \cdot 10^{-3}$ с при номінальній частоті $\omega=93,724$ с⁻¹; ексцентриситет дебалансів $r=0,087$ м; маса дебалансів $m_0=135,9$ кг; маса ВО $m_r=1500$ кг; маса всього матеріалу, що знаходиться на ВО $m_m=10060$ кг; коефіцієнт приєднаної маси матеріалу для руди $\lambda=0,363$; приєднана маса матеріалу $m_{np}=3652$ кг.

Отримуємо власну резонансну частоту системи $p_{011} = \sqrt{C/(m_{11} + m_0)} = 25,756$ рад/с та осциляторну резонансну частоту системи $p_{011} = \sqrt{C/m_{11}} = 26,094$ рад/с. На рис. 3-7 зображено отримані в результаті математичного моделювання за формулами (12,13,15,20,21) характеристики одномасної вібраційної машини з інерційним приводом.

Розглянемо амплітудо-частотні, енергетичні, силові та потужнісні характеристики одномасної вібраційної системи з інерційним приводом. Отримуємо наступні параметри: при номінальній кутовій частоті обертання дебалансів амплітуда коливань $A_{11}(\omega_n)=0,003$ м, енергія, що розсіюється в пружних зв'язках $W_{11v5}(\omega_n)=4,11$ Дж, значення потужності, що витрачається ВМ на подолання опорів у пружних зв'язках $N_{11v5}(\omega_n)=61,3$ Вт

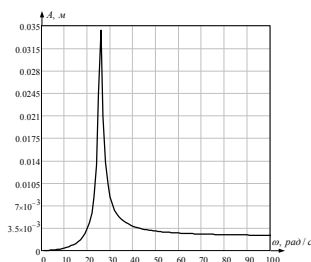


Рис. 3. Амплітудо-частотна характеристика

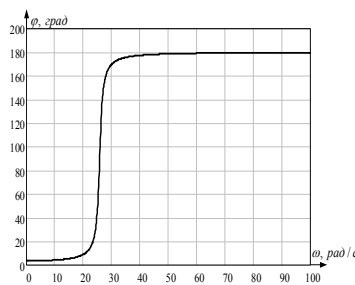


Рис. 5. Частотно-силова характеристика

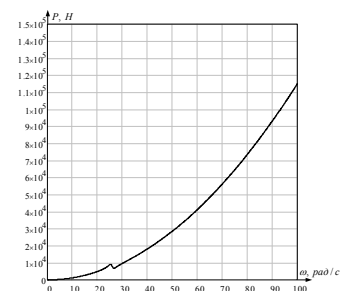


Рис. 4. Фазочастотна характеристика

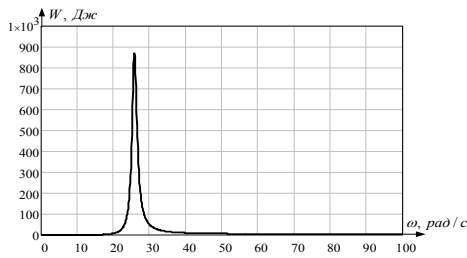


Рис.6. Енергетична характеристика системи

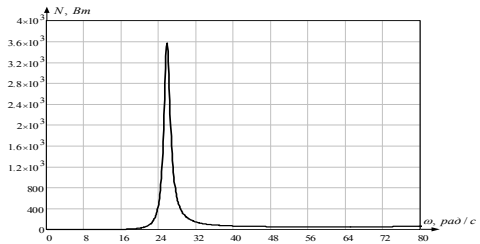


Рис. 7. Потужнісна характеристика

Розглянемо амплітудо-частотні, енергетичні, силові та потужнісні характеристики одномасної вібраційної системи з інерційним приводом. Отримуємо наступні параметри: при номінальній кутовій частоті обертання дебалансів амплітуда коливань $A_{11}(\omega_n)=0,003$ м, енергія, що розсіюється в пружних зв'язках $W_{11v5}(\omega_n)=4,11$ Дж, значення потужності, що витрачається ВМ на подолання опорів у пружних зв'язках $N_{11v5}(\omega_n)=61,3$ Вт. При резонансній частоті обертання дебалансів амплітуда коливань $A_{11}(p_{011})=0,035$ м, енергія $W_{11v5}(p_{011})=866,2$ Дж, а потужність $N_{11}(p_{011})=3551$ Вт.

Кратність максимальної амплітуди коливань до номінальної $A_{11}(p_{011})/A_{11}(\omega_n)=14,5$. Кратність максимальної енергії до номінальної $W_{11v5}(p_{011})/W_{11v5}(\omega_n)=210$.

Кратність потужності при власній резонансній кутовій частоті дебалансів до потужності при номінальній частоті $N_{11}(p_{011})/N_{11v5}(\omega_n)=58$. Отже, максимальна амплітуда коливань при резонансній частоті обертання дебалансів у 14,5 разів більше, ніж амплітуда коливань при номінальній швидкості обертання дебалансів, а енергія у 210 разів, при цьому потужність, що витрачається ВМ на подолання опорів у пружних зв'язках у 58 разів більше, ніж потужність, що витрачається при номінальній швидкості обертання дебалансів.

При $\omega=p$ збуджуюча сила привода P досягає критичного значення $P_{кр}$, спадаючи до мінімуму при осциляторній частоті $\omega = p_1 = \sqrt{C/m}$. При подальшому збільшенні частоти значення P підвищується майже пропорційно ω .

Висновки і шляхи подальших досліджень. Аналіз характеристик при зазначених вихідних динамічних параметрах показує, що інерційний привод не створює стабільні коливання в резонансній області (рис. 3), а створює їх тільки в до- та зарезонансному режимі роботи. Як видно з графіку, амплітуда коливань при даних параметрах системи є функцією частоти збуджуючої сили, причому при резонансі амплітуда досягає максимального значення, а кут зсуву фаз (рис. 4) стає рівним $\pi/2$. Система з інерційним приводом має порівняно невеликі коливання збуджуючих зусиль в області практично реалізованих робочих частот (рис. 5). Інерційний привод при резонансі витрачає енергії у багато разів більше, ніж при робочих кутових частотах коливань (рис. 6). В до і за резонансному режимі інерційний привод вимагає вельми малої витрати енергії на подолання внутрішніх опорів. Розглянувши графіки на рис. 6, 7 відзначимо, що вид енергетичних характеристик системи з інерційним приводом за формою кривих аналогічний відповідним амплітудо-частотним характеристикам.

Отже, аналізуючи отримані графіки, можна зробити висновок, що при оцінці і проектуванні систем з інерційним типом приводу необхідно враховувати вагомі пікові значення амплітуди, енергії і потужності, що йде на подолання опорів у пружних зв'язках.

Характеристики та залежності, отримані в результаті розрахунку динаміки одномасної вібраційної транспортуючої машини, можуть використовуватись при оцінці можливості регулювання параметрів амплітуди і частоти коливань робочого органу для підтримки високої ефективності роботи вібраційної установки та при оцінці взаємодії системи «електропривод-вібраційна машина», що і є шляхами подальших досліджень.

Список літератури

1. Ступник Н.И., Письменный С.В. Перспективные технологические варианты дальнейшей отработки железорудных месторождений системами с массовым обрушением руды/ Н.И. Ступник, С.В. Письменный//Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг. – Вип. 30, 2012. – С. 3-7.
2. Чернокур В.Р., Шкробко Г.С., Шелегеда В.И. Добыча руд с поэтажным обрушением/ В.Р. Чернокур, Г.С. Шкробко, В.И. Шелегеда. – М.: Недра, 1992. – 271 с.

3. Учитель А.Д., Гущин В.В. Вибрационный выпуск горной массы/ А.Д. Учитель, В.В. Гущин. – М.: Недра, 1981. – 232 с.
4. Каварма И.И., Кальницкий А.М., Бровко А.В. Опыт применения вибрационного выпуска руды на подземных рудниках Криворожского бассейна/ И.И. Каварма, А.М. Кальницкий, А.В. Бровко. – М.: Экспресс-информация/ин-т «Черметинформация», 1981. – 18 с.
5. Гончаревич И.Ф. Вибротехника в горном производстве/ И.Ф. Гончаревич, – М.: Недра, 1992.–317 с.
6. Потураев В.Н. Элементы конструкций вибрационных транспортно-технологических машин, – К.: Н думка, 1984. – 287 с.
7. Батраков Д.В. Применение вибрационных питателей для выпуска руды в условиях железорудных шахт криворожского бассейна//Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг. – Вип. 34, 2013. – С. 104-108.
8. Спиваковский А. О. Транспорт в горном деле.-М.:Наука,1985 .-127 с.
9. Спиваковский А. О., Гончаревич И. Ф. Вибрационные и волновые транспортирующие машины/ А.О. Спиваковский , И. Ф. Гончаревич.- М.:Наука,1983 .-287 с.
10. Спиваковский А. О., Гончаревич И. Ф. Вибрационные конвейеры, питатели и вспомогательные устройства/ А. О. Спиваковский , И. Ф. Гончаревич.- М.:Машиностроение,1972 .-327 с.
11. Гончаревич И. Ф. Вибрационные грохоты и конвейеры.-М.:Госгортехиздат,1960 .-215 с.
12. Гончаревич И. Ф. Вибрация - нестандартный путь: вибрация в природе и технике.-М.:Наука,1986 .-207 с.
13. Гончаревич И. Ф. Вибротехника в горном производстве.-М.:Недра,1992.-319 с.
14. Гончаревич И. Ф. Динамика вибрационного транспортирования.-М.:Наука,1972.-244 с.
15. Гончаревич И. Ф., Вихнович О. Л. Вибрационные установки для выпуска руды (конструкции, методы расчета, рекомендации по эксплуатации и наладке).-М.:Недра,1967 .-97 с.
16. Гончаревич И. Ф., Фролов К. В. Теория вибрационной техники и технологии/ И. Ф. Гончаревич , К.В. Фролов - М.:Наука,1981 .-319 с.
17. Гончаревич И.Ф.,Сергеев П.А. Вибрационные машины в строительстве/И.Ф. Гончаревич, П.А. Сергеев -М.:Машгиз,1963 .-310 с.
18. Блехман И. И. Что может вибрация?.-М.:Наука,1988 .-207 с.
19. Блехман И. И., Джанелидзе Г. Ю. Вибрационное перемещение/ И. И. Блехман, Г. Ю. Джанелидзе-М.:Наука,1964.-410 с.
20. Потураев В. Н., Белобров В. И., Михайлеченко Е. И. Анализ динамики механических систем на аналоговых ЭВМ/В. Н. Потураев, В. И. Белобров, Е. И. Михайлеченко.-К.:Вища школа,1989 .-150 с.
21. Потураев В. Н., Франчук В. П., Червоненко А. Г. Вибрационные транспортирующие машины: основы теории и расчета/В. Н. Потураев, В. П. Франчук, А. Г. Червоненко.-М.:Машиностроение,1964 .-272 с.
22. Потураев В. Н., Хпажинский Ю. Н., Дырда В. И., др. Элементы конструкций вибрационных транспортно-технологических машин/В. Н. Потураев, Ю. Н. Хпажинский, В. И. Дырда.- К.:Наукова думка,1984 .-124 с.
23. Потураев В. Н., Дырда В. И., Надутый В. П. Резина в горном деле/ В. Н. Потураев, В. И. Дырда, В.П. Надутый. - М.:Недра,1974 .-152 с.
24. Потураев В. Н. Резиновые и резино-металлические детали машин.-М.:Машиностроение,1966 .-299 с.

Рукопис подано до редакції 17.12.13

УДК 681.5.015: 622.7–52

В.Б. ХОЦКІНА, канд. техн.наук, доц., Криворізький національний університет

ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ПАКЕТУ MATLAB ДЛЯ ПОБУДОВИ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

Статтю присвячено розкриттю можливостей використання пакету Matlab Simulinc та узагальнених сигнальних графів для побудови імітаційних моделей на прикладі економічних процесів.

Вступ. Одним з основних завдань використання можливостей інформаційних систем є відтворення пройдішних/майбутніх подій з найбільш високою вірогідністю їх настання та передбачення наслідків. Як зараз очевидно світову економіку, економіку окремих країн, зокрема нашої країни, час від часу приголомшують кризи росту та падіння. Нажаль не існує загального науково-обґрунтованого інструментарію своєчасної оцінки цих явищ, їх запобігання. Це цілком закономірно, бо навіть математиці не під силу формалізувати багатофакторну систему економічних відносин на їх нескінченній множині. А отже, виникає потреба в створенні можливості відтворення того чи іншого явища з метою передбачення, а значить і запобігання найбільш катастрофічних наслідків.

Постановка завдання. Останнім часом з'явився ряд наукових робіт, зокрема роботи Парінова С.І., Ємельянова А.А., Кобелев Н.Б., Кустова А.І. [11-14] в яких обґрунтовуються

загальні позиції методики моделювання економічних ситуацій на базі стандартних пакетів з логістики та технічні можливості використання їх для імітацій різних станів економіки як на локальних рівнях, так і в глобальних масштабах. Практична вагомість імітаційної моделі не стільки в кількісній оцінці, скільки в наочності представлення різних ситуацій поведінки системи та можливості швидкої зміни вхідних параметрів з метою пошуку відповіді на питання: «А що коли...?».

Однією з найбільш цікавих програм, яка представлена на вітчизняному ринку імітаційних програм, є Matlab, зокрема його пакет Simulink. Ця програма має добре розроблений алгоритм побудови імітаційних моделей з використанням розгалуженої бібліотеки. Однак у зв'язку з тим, що широкий споживач не має достатньої кількості інформації по її застосуванню пакет не є популярним на теренах України хоча широко використовується економістами Росії та країн Європи.

Мета роботи. Враховуючи зазначене була поставлена мета практичної реалізації імітаційних моделей певної низки економічних задач на базі пакету Matlab Simulink.

Викладення основного матеріалу досліджень. Вперше у 2003 році до складу системи MATLAB 6.5 ввійшов пакет моделювання динамічних систем - Simulink 5.1. На сьогодні вже розроблена та успішно використовується версія 7.8. Це порівняльно нова і достатньо допрацьована версія популярного пакету, який вже давно вважається за один з кращих пакетів моделювання блокуваних заданих динамічних систем. Програмні засоби моделювання динамічних систем відомі давно, до них відносяться, наприклад, програми Tutsim і LABVIEW for Industrial Automation. Проте для ефективного застосування таких засобів необхідні високошвидкісні потужні пристрої, що не потребує MATLAB. Інтеграція однієї з найшвидших матричних математичних систем - MATLAB з пакетом Simulink відкриває нові можливості використання найсучасніших математичних методів для вирішення завдань динамічного і ситуативного моделювання складних систем і пристроїв.

Пакет Simulink є ядром інтерактивного програмного комплексу, призначеного для математичного моделювання лінійних і нелінійних динамічних систем і пристроїв, представлених своєю функціональною блок-схемою, іменованою S-моделлю або просто моделлю. При цьому можливі різні варіанти моделювання: у тимчасовій області, в частотній області, з по дієвим управлінням, на основі спектральних перетворень Фур'є, з використанням методу Монте-Карло тощо.

Для побудови функціональної блок-схеми модельованих пристроїв Simulink має обширну бібліотеку блокуваних компонентів і зручний редактор блок-схем. Він заснований на графічному інтерфейсі користувача і по суті є типовим засобом візуально-орієнтованого програмування. Використовуючи палітри компонентів (набори), користувач переносить потрібні блоки з палітр на робочий стіл пакету Simulink і сполучає лініями входи і виходи блоків. Отже, створюється блок-схема системи або пристрою, тобто модель.

При побудові моделей пакет Simulink використовує елементи графоаналітичних методів аналізу, при цьому яскраво чітко виокремлюються синергетичні ефекти роботи.

Синергетика (англ. *Synergetics*, від грецького. син - «спільне» і ергос - «дія») - це теорія самоорганізації в системах різноманітної природи. Вона має справу з явищами та процесами, в результаті яких в системі можуть з'явитися властивості, якими не володіє жодна з підсистем. Оскільки йдеться про виявлення та використання загальних закономірностей в різних галузях, тому такий підхід передбачає міждисциплінарність.

Об'єднання з метою вивчення властивостей складних систем аналітичних методів моделювання (теорії графів), з одного боку, та чисельних методів, що закладені в пакеті Simulink, з іншого, дає суттєве спрощення і прискорення процедур побудови та відладки S-моделей. Для теорії графів це дозволяє розширити область її застосування для аналізу нелінійних систем та систем зі змінними параметрами. Відповідно для пакету Simulink використання теорії графів спрощує процедури конструювання моделей та будови програми стійкого алгоритму розрахунків.

Закономірно, що при виборі типу графів, які необхідно використовувати, потрібно керуватися характеристиками системи, яка буде відтворюватися в моделі. Саме ця особливість теорії графів дає можливість відобразити специфіку економічної системи, бо економічна система - це багатогранна система, всі елементи якої перебувають в органічному взаємозв'язку один з одним і не існують поза межами такої єдності. Функціональна подібність з живим організмом надає елементам економічної системи органічну цілісність. Цим ця система відрізняється від

інших, так званих сумативних систем, які складаються з об'єктів, кожний з яких більшою чи меншою мірою автономний і може існувати поза даною цілісністю. Кожна економічна система виокремлюється від інших систем за специфікою базисних характеристик: провідний тип власності на ресурси; основні групи суб'єктів суспільного виробництва і відносини між ними, економічна форма результатів виробництва; принципи організації виробництва, розподілу, обміну і споживання; система економічних законів. Існування економічної системи можливо лише за умови наявності зв'язку між цими характеристиками і потоками продуктообміну. При цьому ці потоки не є хаотичними, а здійснюються за певними алгоритмами, які можливо представити у вигляді математичних моделей. Отже, для побудови моделі з використанням пакету Simulink доцільно використовувати графи, які дозволяють визначити напрям потоків, з одного боку, а з іншого - мінімізувати кількість значень параметрів з метою отримання структурної моделі. Саме такими графами є сигнальні графи.

Сигнальним називають орієнтований граф, що відображає систему лінійних алгебраїчних рівнянь, яка характеризує цільову функцію. Залежно від форм представлення системи лінійних рівнянь визначають такі види сигнальних графів: сигнальні графи Мезона, сигнальні графи Котса, узагальнені сигнальні графи (сигнальні графи Анісімова) та інші [16].

Узагальнені сигнальні графи відображають систему лінійних алгебраїчних рівнянь, які представлені в узагальненій причино-наслідковій формі, коли в кожному рівнянні одна з шуканих змінних з своїм ваговим коефіцієнтам виражена через інші шукані і параметричні змінні. Узагальнений сигнальний граф має: незважені вершини - джерела, що відповідають параметричним змінним; зважені вершини, що відповідають шуканим змінним і характеризуються вагою, що задана ваговими коефіцієнтами; дуги, що спрямовані від вершин, які відповідають змінним в правих частинах рівнянь, до вершин, що відповідають змінним в лівих частинах рівнянь і характеризуються вагами (передачами), які рівні коефіцієнтам відповідних змінних. Узагальнені сигнальні графи набули широкого використання при побудові моделей електричних ланцюгів, в яких враховується, по-перше, напрям руху, по-друге, можливість побудови різних типів руху (паралельне, послідовне, мішане), по-третє, імітація як лінійних, так і нелінійних процесів. Саме при використанні узагальнених сигнальних графів виявляється синергізм Simulink найбільш чітко. Дійсно, при цьому з'являється можливість простими засобами моделювати (аналізувати) економічні процеси, досліджувати перехідні процеси, ускладнювати елементи моделей, будувати складні моделі з підсистемами тощо. Аналіз досвіду побудови S - моделей дає можливість виокремити узагальнений алгоритм процесу моделювання:

Крок 1. Визначення проблеми та постановка задачі. Побудова математичної моделі з визначенням основних елементів.

Математична модель повинна пов'язувати вхідні незалежні змінні з вихідними залежними змінними, а також з економічною стратегією, тобто зі способом управління економічною системою.

Залежно від специфіки зміни функції, що моделюється, розрізняють наступні типи математичних моделей: неперервно-детермінована (D - схема), дискретно-детермінована (F - схема), дискретно-стохастична (P - схема), неперервно-стохастична (Q-схема).

До неперервно-детермінованих моделей відносяться моделі, що описуються системою звичайних диференціальних рівнянь або диференціальними рівняннями у частинних похідних. В якості незалежної змінної (аргументу) для функції, що визначається, зазвичай є час. Математична модель такого виду відображає динаміку системи і тому називається D-схемою (англ. dynamic).

До дискретно-детермінованих моделей відносяться так звані кінцеві автомати. Автомат можливо представити як деякий прилад, на який подаються вхідні сигнали та знімаються вихідні і який може мати певні внутрішні стани. У кінцевого автомата множина вхідних сигналів і внутрішніх станів є скінченною множиною. Назва F-схема походить від англійського finite automata.

До дискретно-стохастичних моделей відносяться стохастичні автомати, або англійською мовою probabilistic automat. Звідси назва P-схема. У загальному вигляді такий автомат можна визначити як дискретний перетворювач інформації з пам'яттю, функціонування якого в кожному такті залежить лише від стану пам'яті в ньому та може бути описане стохастично.

Прикладом типової схеми неперервно-стохастичного типу може бути схема систем масового обслуговування (СМО), або англійською мовою queueing system. Звідси назва Q-схема.

Крок 2. Будується вибраний тип моделі з використанням узагальнених сигнальних графів. При цьому дотримуються правил:

вершини-джерела задаються блоками з бібліотеки «Sources» в залежності від цілей дослідження. Зазначена бібліотека включає компоненти, що моделюють вхідні параметри математичної моделі, а також компоненти зчитування даних з файлу;

для здійснення перетворення інформації відповідно обираються блоки Integrator з бібліотек «Continuous», «Discrete», а блоки, з можливостями завдання функції обробки вхідних даних, з бібліотеки «User-Defined Functions»;

дуги узагальнених сигнальних графів з одиничною вагою показують зв'язки в S-моделі. Знаки одиничних дуг визначаються параметрами блоку «Sum». З'єднання блоків дугою, з вагою відмінною від одиниці, здійснюється з використанням блоку F-Gain, який дозволяє задати відповідні коефіцієнти зростання/спадання потоку.

Крок 3. Здійснюється настройка параметрів S-моделі.

Крок 4. До S-моделі підключаються необхідні компоненти з бібліотеки «Sink» для виміру відповідних параметрів.

Крок 5. Здійснюється тестування S-моделі та побудова вихідних графіків та діаграм.

Розглянемо реалізацію побудови імітаційних моделей економічних систем з використанням можливостей бібліотеки Simulink [17], [20].

Задача 1. Дослідити залежність наповнення бюджету від розміру податкової ставки та обґрунтувати розмір податкової ставки.

Для рішення цієї задачі використовується неперервно-детермінована модель (D-схема).

Будуємо математичну модель. Сума податкових надходжень від підприємства за період, що моделюється, накопичується на бюджетних рахунках і може бути представлена формулою

$$BD(t) = \int_{t_1=tb}^{t_2=tf} PRF(t) \cdot TXRT \cdot dt,$$

де $BD(t)$ - сума накопичених грошових засобів в бюджеті від початку моделювання до моменту t , грн.; $PRF(t)$ - дохід підприємства до оподаткування в момент t , грн./рік; $TXRT$ - ставка податку на прибуток; t - поточний час; $t_1 = tb$ - початковий момент моделювання; $t_2 = tf$ - кінцевий момент моделювання. Прибуток, що капіталізується за час моделювання, розраховується за формулою

$$CP(t) = \int_{t_1=tb}^{t_2=tf} PRF(t) \cdot (1-TXRT) \cdot dt.$$

Прибуток в момент t : $PRF(t) = CP(t) \cdot RN$, де RN - рентабельність капіталу підприємства.

Задаємо вихідні дані для побудови моделі: рентабельність підприємства ($Rntb$) та ставку оподаткування ($TaxRate$), використовуючи блок Constant з бібліотеки «Sources» (початкове значення: крок змін: кінцеве значення).

Функцію накопичення для бізнесу та держбюджету визначаємо блоком дискретного інтегратора Discrete-Time Integrator з бібліотеки «Discrete». При цьому в установках блоку використовуємо Forward Euler - прямий метод Ейлера: апроксимацію $T/(z-1)$ передавальної функції $1/s$.

Вихідний сигнал блоку розраховується за формулою: $y_{(k)} = y_{(k-1)} + T \cdot u_{(k-1)}$, де $y_{(k)}$ - вихідний сигнал інтегратору на k номеру кроку моделювання, $u_{(k-1)}$ - вхідний сигнал інтегратору на $k-1$ кроку моделювання (початкове значення прибутку вводиться користувачем), T - крок дискретизації. Блоки Scope та Display дозволяють візуалізувати розрахунки за моделлю, виводячи на екран відповідно графіки та цифрові дані (рис. 1), за якими видно, що йде неперервне накопичення коштів та зростання податкового навантаження.

Побудована імітаційна модель показує, що такий шлях не приводить до бажаного результату - наповнення бюджету, а навпаки зменшуючи розмір прибутку, що капіталізується, не дозволяє створити підприємствам достатню базу для розвитку.

Це обумовлює зменшення бази оподаткування і цим самим - зменшення надходжень до бюджету. Найбільш прогресивною ставкою на прибуток підприємства є її початкове значення, яке дозволяє отримати постійні стабільні платежі в бюджет та дає можливість капіталізації прибутку підприємств з метою їх подальшого розвитку.

Як видно з наведеної моделі, блоки з'єднуються за допомогою узагальнених сигнальних графів - дуги з одиничною вагою.

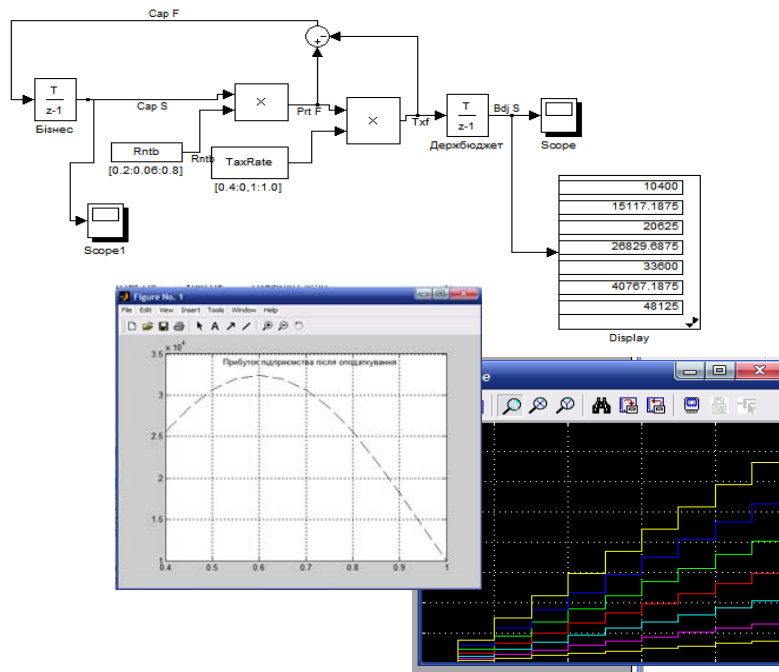


Рис.1. Модель наповнення бюджету за умови підвищення податкової ставки

Для визначення суми прибутку підприємства після оподаткування використовуємо блок Sum, в якому згідно формули міняються знаки дуг, отримуємо відповідне спрямування потоку: розрахунок прибутку підприємства після оподаткування з заданою рентабельністю виробництва.

Задача 2. Дослідити за допомогою імітаційного моделювання причино-наслідкового механізму виникнення циклів та криз перевиробництва: обладнання.

Для рішення цієї задачі використовується дискретно-детермінована модель (*F*-схема).

Будується математична модель та визначаються вихідні дані та блоки накопичення [20].

У даному випадку такі блоки накопичення повинні мати можливість самостійного регулювання: затримки виробництва та стимулювання попиту.

Для цього використовуються блок Saturatio з бібліотеки «Continuous», який дозволяє імітувати затримку обсягів виробництва в порівнянні з попитом (рис. 2).

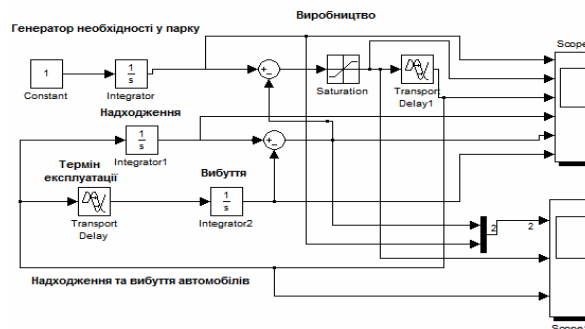


Рис. 2. Блок-схема імітаційної моделі кризи

Для порівняння потреби в обладненні та реальної кількості використовується блок мультиплексування Mux бібліотеки «Signal Routing». Блоки пов'язані між собою дугами з одиначною вагою узагальнених сигнальних графів, які дають можливість не тільки спрямувати інформаційний потік, визначити його знак та напрямок, а й отримати на виході наочні результати у вигляді графіків (рис. 3).

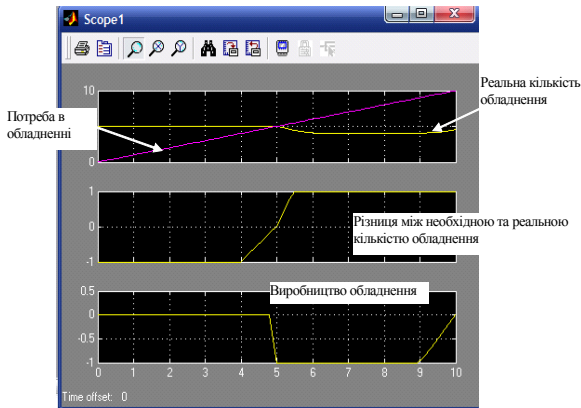


Рис. 3. Результати моделювання – задача 2

паутиноподібна модель, яка є окремим видом дискретно-стохастичної моделі (*P*-схема).

У спрощеному вигляді найбільш часто така модель будується для малих підприємств.

Це пов'язано з одним з обмежень, що використовується при її побудові: не враховуються запаси накопичені у попередніх періодах (тобто початок нульовий).

Саме це є найбільш характерним для малих підприємств, які не можуть створювати великі товарні запаси, по-перше, з причин додаткових витрат на зберігання, а по-друге - з-за виведення певної суми коштів з обігу, тому в моделі може бути прийнятий за початок нульовий відлік.

При побудові моделі припускають, що попит на *T*-му відрізку часу має лінійну залежність від поточної ціни, а також попит схильний до випадкового розкиду.

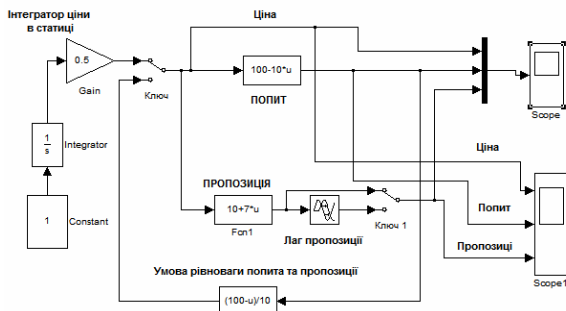
Для опису попиту використовується формула: $D_{md} = D_0 - K_d * P_{rc} + U$, де D_{md} - попит за поточний інтервал часу (*T*); D_0 - попит при ціні рівній 0; K_d - кривина лінії попиту; P_{rc} - ціна, яка буде визначатися на *T*-тому відрізку часу; U - випадкова величина, що задана законом розподілу.

За допущенням ціна залежить від лінійної комбінації цін на двох попередніх відрізках часу.

Отже використовуємо наступну залежність $S_{pl} = S_0 - K_s * P_{rc} + V$, де S_{pl} - пропозиція за поточний інтервал часу (*T*); S_0 - пропозиція при ціні рівній 0; K_s - кривина лінії пропозиції; P_{rc} - ціна, яка буде визначатися на *T*-му відрізку часу; V - випадкова величина, що задана законом розподілу.

За умови локальної рівноваги ринку $S_{pl} = D_{md} + W$, де W - випадкова величина з заданим розподілом, визначимо: $P_{rc} = (D_0 - S_{pl} + U + W) / K_d$.

Відповідно до математичної моделі будуюмо імітаційну модель (рис. 4), у якій використовуємо блоки підсилення дуг узагальнених сигнальних графів Gain, блоки функцій з відповідними формулами FCN, блоки ключів Manual Switch.



Аналіз результатів свідчить, що потреба в обладненні неухильно зростає, а їх реальна кількість зменшується в результаті старіння парку обладнання. Це і повинно стимулювати виробництво. Однак, виробництво не тільки не встигає за попитом, а й має певні перебої в роботі, пов'язані з загальнодержавною політикою щодо інвестування державних коштів у розвиток підприємництва.

Задача 3. Дослідити умови стабільності цін на деякий продукт на основі аналізу цін за попередні періоди.

Для рішення цієї задачі використовується

паутиноподібна модель фірми (рівноважна ціна)

Отриманий результат згідно імітаційній моделі рис. 5 дозволяє показати вплив параметрів системи D_0, K_d на характер залежності ціни від часу

Очевидно, цінність Simulink полягає і в обширній, відкритій для вивчення і модифікації бібліотеці компонентів (блоків).

Вона включає джерела сигналів практично з будь-якими часовими залежностями, масштабуючі, лінійні і нелінійні процеси з різноманітними формами характеристик, квантуючі, інтегруючі і диференціюючі блоки системи.

Важливою перевагою пакету є можливість завдання в блоках довільних математичних виразів, що дозволяє вирішувати типові завдання,

Важливою перевагою пакету є можливість завдання в блоках довільних математичних виразів, що дозволяє вирішувати типові завдання,

Важливою перевагою пакету є можливість завдання в блоках довільних математичних виразів, що дозволяє вирішувати типові завдання,

Важливою перевагою пакету є можливість завдання в блоках довільних математичних виразів, що дозволяє вирішувати типові завдання,

Важливою перевагою пакету є можливість завдання в блоках довільних математичних виразів, що дозволяє вирішувати типові завдання,

Рис. 4. Паутиноподібна модель фірми (рівноважна ціна)

Отриманий результат згідно імітаційній моделі рис. 5 дозволяє показати вплив параметрів системи D_0, K_d на характер залежності ціни від часу

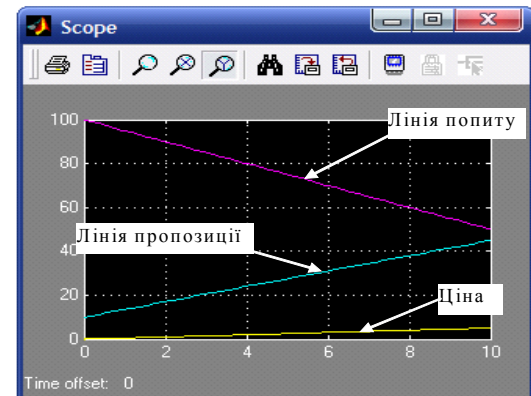


Рис. 5. Результати моделювання – задача 3

користуючись прикладами пакету Simulink або ж просто задаючи нові вирази, що описують роботу модельованих користувачем систем і пристроїв.

Важливою властивістю пакету є і можливість завдання системних функцій (S-функцій) з включенням їх до складу бібліотек Simulink. Необхідно відзначити також можливість моделювання пристроїв і систем у реальному масштабі часу.

Висновок. Отже, реалізація побудови імітаційних моделей на прикладі трьох задач з використанням узагальнених сигнальних графів підтвердила реальність і доцільність використання пакету Matlab Simulink. Як програмний засіб Simulink - типовий представник візуально-орієнтованих мов програмування. На всіх етапах роботи, особливо при підготовці моделей систем, користувач практично не має справи із звичайним програмуванням. Програма в кодах автоматично генерується в процесі введення вибраних блоків компонентів, їх з'єднань і завдання параметрів компонентів.

Засоби візуалізації результатів моделювання в пакеті Simulink настільки наочні, що деколи створюється відчуття, реального запуску системи. Більш того, Simulink практично миттєво міняє математичний опис моделі у міру введення її нових блоків, навіть у тому випадку, коли цей процес супроводжується зміною порядку системи рівнянь і веде до істотної якісної зміни поведінки системи.

Як видно з наведених прикладів, імітаційне моделювання з застосуванням вищезазначеного пакету дозволяє компактно та наочно представляти інформацію про стан системи, що моделюється для швидкого аналізу та прийняття рішень. Оскільки система може бути розкладена на складові представлені у вигляді блоків та зв'язків між ними, то аналіз різних сценаріїв її поведінки забезпечується можливістю зміни параметри в кожному окремому блоці. Це дає можливість дослідити вплив кожного окремого параметру на дієздатність всієї системи. При цьому навіть неспеціалісти можуть змінювати сценарії поведінки системи, які задані наочною зрозумілою схемою у програмній області, швидко змінювати конфігурацію та програвати різні варіанти сценаріїв. Можливість порівняння реальної системи та створеної моделі на базі пакету Simulink дає можливість виокремити причини порушення нормального функціонування як еталону, так і моделі, що відповідно надає користувачеві здійснити передбачення подій та вжити відповідні заходи по уникненню/досягненню результатів дій, що моделюються.

Оскільки технологія комп'ютерної техніки є надзвичайно динамічною як в часі, так і в можливостях, то щоб спеціаліст-практик міг своєчасно відреагувати на необхідність аналізу результатів своєї діяльності з огляду на перспективу, необхідно виховувати спеціаліста в душі потреби імітацій виробничих процесів в їх системному поєднанні. А це в свою чергу зобов'язує створення системи навчання студентів різних спеціальностей методикам аналітичної діяльності з використанням інформаційних систем.

Список літератури

1. MATLAB. The Language of Technical Computing. External Interfaces. The Math Works, Inc. USA. - 2000.
2. MATLAB. The Language of Technical Computing. Getting Started with MATLAB. The Math Works, Inc. USA. - 2000.
3. MATLAB. The Language of Technical Computing. Using MATLAB Graphics. The Math Works, Inc. USA. - 2000.
4. MATLAB. The Language of Technical Computing. Using MATLAB. The Math Works, Inc. USA. - 2000.
5. Simulink. Model-Based and System-Based Design. Using Simulink. The Math Works, Inc. USA. - 2002.
6. Simulink. Model-Based and System-Based Design. Writing S-Functions. The Math Works, Inc. USA. - 2002.
7. Дьяконов В. П. Simulink 5/6/7: Самоучитель / В.П. Дьяконов - М.: ДМК-Пресс. 2008. - 784 с.
8. Дьяконов В. П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике и моделировании / В.П.Дьяконов. - М.: Солон-Пресс. - 2003.
9. Дьяконов В. П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения / В.П.Дьяконов - М.: Солон-Пресс. - 2002.
10. Дьяконов В. П. VisSim + Mathcad + MATLAB. Визуальное математическое моделирование / В.П.Дьяконов. - М.; Солон-Пресс. - 2004.
11. Емельянов А.А. Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб. пособие / А.А. Емельянов, Е.А. Власова, Р.В. Дума; Под ред. А.А. Емельянова. — М.: Финансы и статистика, 2002. -368 с.
12. Кобелев Н.Б. Практика применения экономико-математических методов и моделей / Н.Б.Кобелев – Фин-статинформ, 2000. – 246 с.
13. Лавров К. Н., Цыплякова Т. П. Финансовая аналитика. MATLAB 6. / К.Н.Лавров, Т.П.Цыплякова - М.: Диалог-МИФИ. /Под общей редакцией к.т.н. В. Г. Потемкина. 2001.
14. Легостаев Н.С., Четвергов К.В. Методы анализа и расчета электронных схем: Учебное пособие / Н.С.Легостаев, К.В.Четвергов - Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования. 2007.-217 с.

15. **Паринов С.И.** К теории сетевой экономики / **С.И.Паринов** – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2002. – 168 с.
16. **Свами М., Тхуласираман К.** Графы, сети и алгоритмы: Пер. с англ./ **М.Свами , К. Тхуласираман** - М.: Мир, 1984. - 455 с.
17. **Снетков Н.Н.** Имитационное моделирование экономических процессов: Учебно-практическое пособие / **Н.Н.Снетков** - М.: Изд. центр ЕАОИ, 2008. - 228 с.
18. **Терехин В.В.** Моделирование в системе Matlab: Учебное пособие / **В.В. Терехин**. - Новокузнецк: Кузбас-свузиздат, 2004. -376с.
19. **Цисарь И.Ф.** Лабораторные работы на персональном компьютере / **И.Ф. Цисарь**. - М.: Издательство «Эк-замен», 2002. - 224 с.
20. **Чен К.** MATLAB в математических исследованиях / **К.Чен , П.Джиблин , А.Ирвинг** -. М.: Мир. - 2001.

Рукопис подано до редакції 04.04.14

УДК 622.272:624.191.5

С.А. ХАРИН, д-р техн. наук, доц., ОКВУЗ «Институт предпринимательства «Стратегия»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕМПЫ СТРОИТЕЛЬСТВА СТВОЛОВ

Для своевременного вскрытия нижележащих горизонтов обеспечение заданных темпов проходки горных выработок является важной задачей, связанной с ритмичной организацией работ. Поскольку на скорость проходки выработок в большинстве случаев, особенно, в крепких породах и при значительной площади поперечного сечения, заметное влияние оказывают буровые работы актуальным, как представляется, может быть исследование зависимости скорости проходки стволов от производительности бурового оборудования.

В этой связи представляет интерес разработка методов исследований, соответствующего программного обеспечения, которые позволили бы служить в качестве инструментов изучения вопросов организации строительства. Для проведения исследований разработана компьютерная программа. В качестве языка программирования избран Java - объектно-ориентированный язык программирования. Программы на Java транслируются в байт-код, выполняемый виртуальной машиной Java - программой, обрабатывающей байтовый код и передающей инструкции оборудованию как интерпретатор. В ходе исследования изменения скорости проходки ствола от эксплуатационной производительности бурового оборудования установлены соответствующие зависимости, охватывающие широкий круг условий. Отмечено также, что, начиная с определенного момента, рост производительности средств бурения практически не приводит к увеличению темпов проходки ствола и дальнейшее наращивание усилий в этом направлении нецелесообразно.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Устойчивое функционирование горного производства является условием эффективного развития экономики Украины. Задача реконструкции производственных мощностей в условиях значительных глубин разработки должна сопровождаться интенсивными усилиями в направлении исследований, направленных на совершенствование всех технологических процессов.

Анализ исследований и публикаций. Анализ ранее опубликованных результатов исследований и современного состояния практики проектирования и строительства горных выработок указывает на необходимость более широкого использования компьютерных технологий для детального учета различных особенностей сооружения подземных объектов и обеспечения оптимальных параметров ведения работ.

Постановка задачи. Разработать соответствующее программное обеспечение и исследовать вопросы организации проходки стволов глубоких шахт под влиянием изменения параметров бурового оборудования и горно-геологических условий, в частности, изменение темпов строительства.

Изложение материала и результаты. Для своевременного вскрытия нижележащих горизонтов обеспечение заданных темпов проходки горных выработок является важной задачей, связанной с ритмичной организацией работ.

Поскольку на скорость проходки выработок в большинстве случаев, особенно, в крепких породах и при значительной площади поперечного сечения, заметное влияние оказывают буровые работы актуальным, как представляется, может быть исследование зависимости скорости проходки стволов от производительности бурового оборудования.

В этой связи представляет интерес разработка методов исследований, соответствующего программного обеспечения, которые позволили бы служить в качестве инструментов изучения вопросов организации строительства.

Для проведения исследований нами разработана компьютерная программа, алгоритм которой представлен на рис. 1.

В качестве языка программирования избран Java [1], - объектно-ориентированный язык программирования, разработанный компанией Sun Microsystems (в последующем приобретен компанией Oracle).

Целесообразность такого выбора оправдывается следующими соображениями [1,2]. Программы на Java транслируются в байт-код, выполняемый виртуальной машиной Java - программой, обрабатывающей байтовый код и передающей инструкции оборудованию как интерпретатор.

Достоинством подобного способа выполнения программ является полная независимость байт-кода от операционной системы и оборудования, что позволяет выполнять Java-приложения на любом устройстве, для которого существует соответствующая виртуальная машина. Также особенностью технологии Java является гибкая система безопасности благодаря тому, что исполнение программы полностью контролируется виртуальной машиной.

Операции, которые превышают установленные полномочия программы вызывают немедленное прерывание.

Рассмотрим зависимость скорости проведения стволов, при прочих равных условиях, от эксплуатационной производительности бурового оборудования при следующих условиях: проходка осуществляется обычным способом с применением буровзрывных работ по совмещенной схеме. Стволы закреплены монолитным бетоном.

Для ствола диаметром в проходке $D=6$ м, при площади поперечного сечения $S=28,3$ м², проходимого в породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протоdjeяконова $f=12$ и эксплуатационной производительности (обозначим ее P) бурового оборудования 6 м/ч (рис. 1) имеет место скорость проходки горной выработки 14,1 м/мес (примем ее за базовую для данных условий).

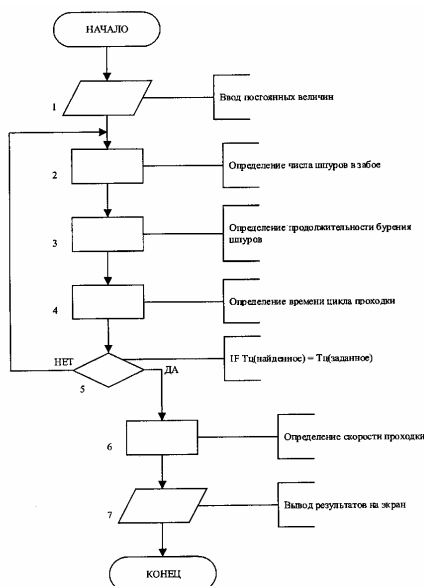


Рис. 1. Алгоритм разработанной программы

Переход к большей производительности средств бурения, при неизменных прочих условиях, увеличивает темпы проходки выработки. Так, например, при эксплуатационной производительности 8 м/ч скорость проходки выработки возрастает до 15,84 м/мес, при эксплуатационной производительности 12 м/ч скорость увеличится до 18,04 м/мес. Высокие уровни производительности бурового оборудования способствуют достижению заметно больших темпов проходки. Так, при $P=24$ м/ч скорость возрастет до 20,9 м/мес.

Характер зависимости v от P для ствола $D = 6$ м при $f=12$ может быть описан логарифмическим выражением $v = 4,3027 \ln(P) + 7,111$.

Аналогичным образом рассмотрим зависимость v от P для данного ствола, но при увеличении f до 18 (рис. 2,3).

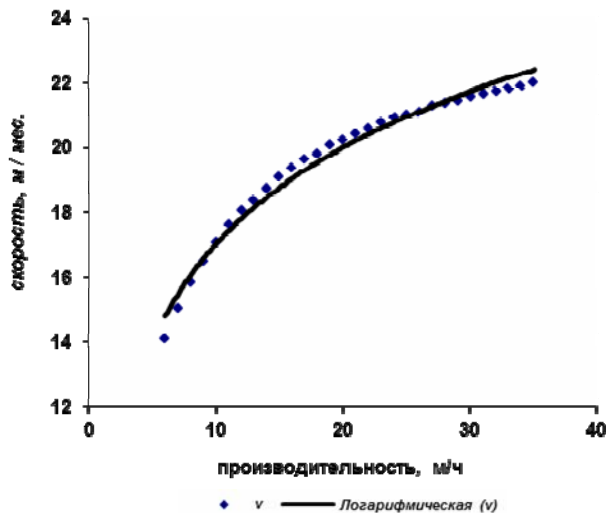


Рис. 1. Зависимость v от P для ствола $D = 6$ м при $f=12$

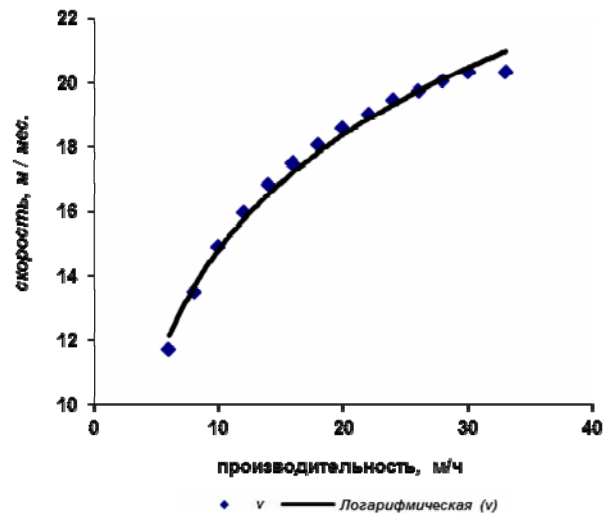


Рис. 3. Зависимость v от P для ствола $D = 6$ м при $f=18$

В этом случае при соответствующих значениях эксплуатационной производительности бурового оборудования будут иметь место более низкие скорости проходки, а общий характер зависимости v от P примет вид $v=5,1741\text{Ln}(P)+2,8785$.

Исследуем далее аналогичным образом влияние эксплуатационной производительности бурового оборудования на скорость проходки ствола $D = 8$ м, имеющего площадь поперечного сечения $S=50,2 \text{ м}^2$ при $f=12$ и $f=18$. В этом случае в целом будут повторяться тенденции, отмеченные нами ранее для ствола $D = 6$ м, но при меньших уровнях v для данных значений P .

Характер зависимости v от P для ствола $D=8$ м при $f=12$ и $f=18$ может быть описан соответственно выражениями $v=2,6461\text{Ln}(P)+5,1791$ и $v=3,0919\text{Ln}(P)+2,8646$.

Рассмотрим теперь степень изменения скорости проходки (обозначим Δ) ствола $D=6$ м при переходе от $f=12$ к $f=18$. При $P=6$ м/ч скорость проходки ствола при $f=12$ будет в 1,205 раза выше, чем при $f=18$.

Соотношение скоростей при более высоких значениях P будет постепенно уменьшаться. При достаточно больших значениях эксплуатационной производительности бурового оборудования соотношение скоростей проходки ствола существенно снизится, так, например, при $P = 30$ м/ч оно составит 1,06 раза.

В общем случае соотношение скоростей проходки ствола $D = 6$ м при $f=12$ и $f=18$ можно описать зависимостью $\Delta=-0,0879\text{Ln}(P)+1,3549$. В случае же $D=8$ м при $P=6$ м/ч $\Delta=1,184$; при $P=30$ м/ч $\Delta=1,0598$.

В общем виде зависимость соотношения скоростей для ствола $D=8$ м выглядит как $\Delta=0,0796\text{Ln}(P)+1,3182$.

Исследуем изменение соотношения скоростей (обозначим Z) при $D=6$ м и $D=8$ м при соответствующих уровнях коэффициента крепости пород. В то время как соотношение площадей сечения рассматриваемых стволов составляет 1,77 соотношение скоростей при $f=12$ и $P=6$ м/ч будет равно $Z=1,47$, а в случае $P=30$ м/ч возрастет до $Z=1,54$. Сходная картина наблюдается и для случая $f=18$.

В общем виде изменение соотношения скоростей может быть описано выражениями $Z=0,0028P+1,4722$ в случае $f=12$ и $Z=0,0034P+1,4431$ в случае $f=18$. Для наглядности сведем полученные ранее зависимости в табл. 1.

Отношение скорости проходки ствола при данном значении эксплуатационной производительности v_{pi} к скорости проходки ствола при предыдущем значении эксплуатационной производительности v_{pi} характеризует темп изменения скорости. Рост скорости проходки ствола $D=6$ м при $f=12$ вначале происходит сравнительно интенсивно (рис. 4а). Так, при увеличении производительности до 8 м/ч по сравнению с предыдущим ее показателем, т.е. 6 м/ч (обозначим этот случай как v_8/v_6 скорость возрастает в 1,123 раза, при v_{10}/v_8 рост будет уже меньшим - 1,077. При больших параметрах эксплуатационной производительности бурового оборудования

переход к каждому последующему ее значению приводит лишь к крайне незначительному увеличению скорости: при v_{30}/v_{28} оно составит 1,0084.

Исследуем вариант $D=6$ м при $f=18$. В данном случае, как и в предыдущем, интенсивность возрастания скорости проходки ствола вначале относительно высока (рис. 4а). Так, при увеличении производительности до 8 м/ч по сравнению с предыдущим ее показателем скорость возрастает в 1,15 раза, при v_{10}/v_8 рост будет уже меньшим - 1,105. При значительных параметрах эксплуатационной производительности бурового оборудования переход к каждому последующему ее значению также приводит лишь к небольшому увеличению скорости: при v_{30}/v_{28} оно составит 1,013.

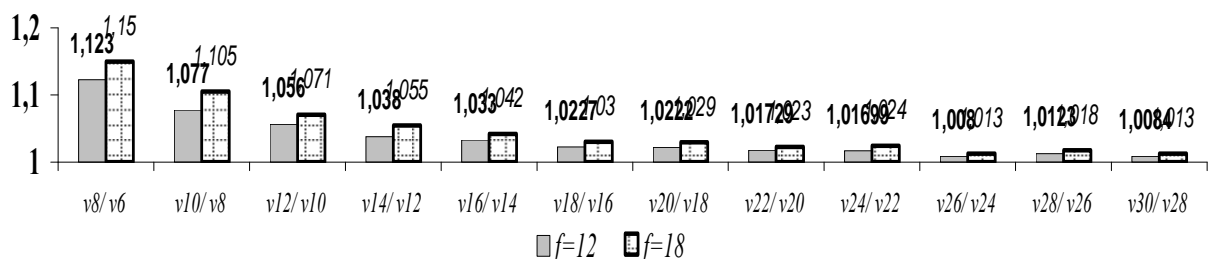
Сравнивая интенсивность роста скорости для $f=12$ и $f=18$ следует отметить, что в последнем случае она изменяется с более высоким темпом. Сходная картина имеет место и при $D=8$ м.

Таблица 1

Зависимости скорости проходки ствола от производительности бурового оборудования

Параметр	Диаметр ствола в проходке, м	Коэффициент крепости пород, f	Зависимость	Диапазон изменений величин	Выводы
Зависимость v от P	6	12	$v=4,3027\text{Ln}(P)+7,111$	При $P=6$ м/ч $v=14,1$ м/мес.; при $P=30$ м/ч $v=21,56$ м/мес.; $v_{30}/v_6=1,529$	Скорость проходки логарифмически зависит от производительности бурового оборудования. При росте f снижается v . Отношение скоростей, например, v_{30}/v_6 при более высоком f выше
		18	$v=5,1741\text{Ln}(P)+2,8785$	При $P=6$ м/ч $v=11,7$ м/мес.; при $P=30$ м/ч $v=20,33$ м/мес.; $v_{30}/v_6=1,738$	
	8	12	$v=2,6461\text{Ln}(P)+5,1791$	При $P=6$ м/ч $v=9,59$ м/мес.; при $P=30$ м/ч $v=13,99$ м/мес.; $v_{30}/v_6=1,459$	
		18	$v=3,0919\text{Ln}(P)+2,8646$	При $P=6$ м/ч $v=8,1$ м/мес.; при $P=30$ м/ч $v=13,2$ м/мес.; $v_{30}/v_6=1,63$	
Соотношение скоростей при $f=12$ и $f=18$	6	-	$\Delta=-0,0879\text{Ln}(P)+1,3549$	При $P=6$ м/ч $\Delta=1,205$; при $P=30$ м/ч $\Delta=1,061$	При росте P и увеличении f с 12 до 18 соотношение скоростей Δ снижается
	8	-	$\Delta=-0,0796\text{Ln}(P)+1,3182$	При $P=6$ м/ч $\Delta=1,184$; при $P=30$ м/ч $\Delta=1,0598$	
Соотношение скоростей при $D=6$ м и $D=8$ м	-	12	$Z=0,0028 P+1,4722$	При $P=6$ м/ч $Z=1,47$; при $P=30$ м/ч $Z=1,54$	При увеличении D с 6 до 8 соотношение скоростей Z растет с увеличением P
	-	18	$Z=0,0034 P+1,4431$	При $P=6$ м/ч $Z=1,44$; при $P=30$ м/ч $Z=1,54$	

Анализируя темпы изменения скорости проходки ствола при переходе к каждому последующему значению производительности проходческого оборудования, следует указать, что для всех случаев они падают по мере увеличения производительности; при одинаковом диаметре ствола такие темпы выше при большем значении f . Отсюда вытекает вывод о том, что при большей крепости пород увеличение эксплуатационной производительности бурового оборудования способно в относительно большей степени влиять на скорость проходки и зона интенсивного влияния P на v в этом случае шире.



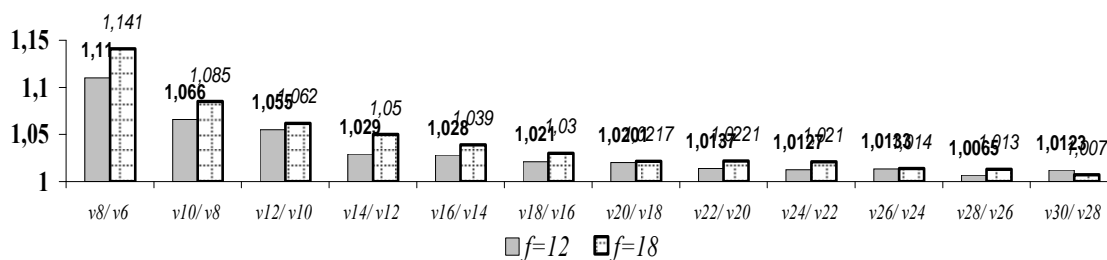


Рис. 4. Темп изменения v при каждом последующем P : а - при $D = 6$ м; б - при $D = 8$ м

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, в ходе исследования изменения скорости проходки ствола от эксплуатационной производительности бурового оборудования установлены соответствующие зависимости, охватывающие широкий круг условий. Отмечено также, что, начиная с определенного момента, рост производительности средств бурения практически не приводит к увеличению темпов проходки ствола и дальнейшее наращивание усилий в этом направлении нецелесообразно.

В ходе дальнейших исследований было бы полезно рассмотреть вопрос о зависимости оптимальных организационных параметров сооружения протяженных выработок от различных факторов.

Список литературы

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Java>.
2. Герберт Шилдт. Java. Полное руководство. - М.: Вильямс, 2012. - 1104 с.

Рукопись поступила в редакцию 04.02.14

УДК 669.162.16

Д.А. КАССИМ, канд. техн. наук, доц.

МетИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА АГЛОМЕРАТА НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

Выполнен анализ возможностей достижения высокого уровня технико-экономических показателей работы доменной печи объемом 2700 м^3 при загрузке в печь высококачественного агломерата и прочного, мало истираемого кокса, совместно с применением технологии загрузки кускового антрацита, а также обеспечении температуры дутья на уровне $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ и давления газа под колошником до 200 кПа .

Проблема и ее связь с практическими задачами. Постоянные изменения в сырьевой базе коксования и производства железорудного сырья способствуют сохранению среди актуальных для исследования проблем вопрос оптимизации состава и качества шихтовых материалов для доменной плавки.

Наряду с повышением качества кокса наиболее эффективным мероприятием, позволяющим существенно улучшить технико-экономические показатели работы доменных печей, является улучшение металлургических свойств железорудной части доменной шихты.

Анализ исследований и публикаций. Агломерация остается доминирующим способом подготовки сырья к доменной плавке. Требования к качеству агломерата давно определены и практически не меняются. Это - максимально высокое содержание железа, минимальное количество вредных примесей, постоянство химического и гранулометрического составов, высокая восстановимость и газопроницаемость насыпной массы, высокая прочность и низкое содержание мелких фракций.

Из исследований Е.Ф. Вегмана известно, что наименьшей прочностью обладает агломерат основностью 1,3-1,4 [1]. По данным А.Н. Рамма [2] прочность офлюсованного агломерата минимальна в пределах изменения его основности от 0,9 до 1,4. Эти оценки подтверждены практикой при использовании офлюсованного агломерата разной основности. Так, например, по

данным авторов [3] при увеличении основности агломерата с 0,1 до 1,25 содержание фракции 0-5 мм повысилось с 6,0 до 21,0 %. При этом резкий рост содержания мелкой фракции имел место при увеличении основности выше 0,8 ед.

По информации И.Ф. Курунова [4] о материалах международного конгресса по теории и технологии доменной плавки, состоявшегося в 2009 году в Шанхае, в последнем десятилетии в Китае в доменные печи загружают шихту, состоящую из 65-80 % офлюсованного агломерата и 20-35 % окатышей, на некоторых печах используют также до 5-10 % руды. При этом в Китае производится только высокоосновный агломерат ($\text{CaO/SiO}_2 = 1,7-2,55$) с высоким показателем холодной прочности 72-76,5 %, содержанием железа 55,5-58,5 % и долей фракции 0-5 мм 3,3-4,1 %. В доменные печи Японии также загружаются окатыши и высококачественный агломерат с высоким содержанием железа и основностью 1,7-2,11. Шихта большинства доменных печей Северной Америки состоит из офлюсованных и/или неофлюсованных окатышей и руды. Агломерат применяется только на 11 доменных печах в количестве 4-61 %. Большинство доменных печей Западной Европы работают на шихте состоящей из агломерата, окатышей и железной руды. Шихта большинства доменных печей России состоит из 60-90 % агломерата и 10-40 % окатышей. Содержание фракции 0-5 мм в агломерате - 10-15 %. Основность агломерата (CaO/SiO_2) составляет 1,15-1,7 ед.

В 2009 году в агломерате, производимом на металлургических предприятиях Украины, содержание железа изменялось в диапазоне 51,83-56,94 % при изменении основности агломерата от 1,2 до 1,77 по CaO/SiO_2 . При этом агломерат с основностью 1,67-1,77 производят только на аглофабрике металлургического комбината “Азовсталь”, в шихте доменных печей которого используют до 70-75 % окатышей. Агломерат приблизительно такой же основности в свое время производили и на агломерационной фабрике НКГОК-2, (в настоящее время ГОК-2 “АрселорМиттал Кривой Рог”).

Постановка задачи. Анализ современных требований к свойствам агломерата подтвердил, что потенциальный эффект от значительного увеличения качества агломерата достаточно велик, поэтому в настоящей работе поставлена задача исследовать и выполнить сравнительный анализ результатов работы доменной печи №8 ПАО “АрселорМиттал Кривой Рог” (АМКР) при загрузке в нее агломерата НКГОК-2.

Изложение результатов исследований. Аглофабрика НКГОК-2 была введена в эксплуатацию в марте 1962 года. В 1974 году в связи с необходимостью обеспечения высококачественным сырьем крупнейшей в мире на тот период времени доменной печи №9 объемом 5000 м³ была начата реконструкция аглофабрики №2 по проекту института Гипросталь. Реконструкция была завершена в 1976 году. Аггоспек с агломерационной ленты последовательно проходит стадию дробления в щековой дробилке, горячее грохочение, охлаждение на линейном пластинчатом охладителе и на последней стадии - окончательное грохочение перед отправкой в доменный цех. С этого периода на доменную печь №9 стал поступать охлажденный, освобожденный от мелочи высокоосновный агломерат.

В периоды проведения различных ремонтов доменной печи №9 высококачественный агломерат НКГОКа-2 поступал и на доменную печь №8 объемом 2700 м³, которая обычно работала на агломерате ЮГОКа или НКГОКа-1 основностью 1,2-1,25, отличающемся худшими прочностными качествами и большим содержанием фракции 0-5 мм (17-25 %). Технико-экономические показатели доменной плавки на печи №8 в этот и последующие периоды загрузки в нее агломерата НКГОК-2 (ГОК-2) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технико-экономические показатели доменной печи объемом 2700 м³

Показатели	Периоды						
	18.02.77-23.02.77	24.09.80-4.11.80	17.08.97-31.08.97	01.12.08-31.12.08	01.04.09-30.04.09	01.06.09-30.06.09	29.05.10-04.06.10
1	2	3	4	5	6	7	8
Номер периода	1	2	5	6	7	8	9
Длительность периода, сут.	6	42	15	31	30	30	7
Производительность,	6012	5232	3586	4798	4785	4803	5108

т/сут.							
Приведенная производительность, т/сут.		6048	5083	6867	6498	6289	6638
Расход кокса, кг/т	474	594	646	546	457	462	471
Приведенный расход кокса, кг/т		535	483	375	365	390	372
Расход антрацита, кг/т	0	0	0	0	35	42,3	35,3
Интенсивность (К+А), кг/м ³ · сут.	1055	1151	858	970	872	898	958
Дутье: расход, м ³ /мин	4915	4894	4388	5048	4654	4616	4741
давление, кПа (изб.)	335	340	197	270	272	259	244
температура, °С	1095	959	868	839	934	920	881
Расход природного газа, м ³ /т	79	88	73,2	65,3	64	66,4	62
Содержание кислорода в дутье, %	26,5	25,9	25,0	25,1	25,2	25,9	27,0
Анализ чугуна, %:							
Si	0,79	0,80	1,11	0,88	0,91	0,75	0,72
Mn	0,66	0,62	0,33	0,32	0,33	0,28	0,48
S	0,042	0,034	0,025	0,015	0,015	0,02	0,016
P	0,056	0,036	0,039	0,065	0,076	0,066	0,094
Текущие простои, %	0,23	2,36	2,8	2,14	2,14	1,82	0
Тихий ход, %	0	2,26	1,0	0,09	0	0	0
Содержание Fe во всей шихте, %	55,1	53,76	56,39	53,85	54,31	54,01	53,96
Рудная нагрузка на кокс, кг/кг	3,14	2,76	2,71	3,32	3,86	3,7	3,45
Расходы, кг/т: железная руда	0	0	0	2,1	4,7	3,7	0
агломерат ЮГОК	0	0	0	0	0	0	0
агломерат МП	0	0	0	140	0	0	0
агломерат ГОК №1	0	0	0	140	2,1	3,7	777
агломерат ГОК №2	1075	1247	1053	1465	1638,3	1577,1	796
окатыши	655	444	695	0	0	0	0
шлак обогащенный	0	0	0	0	41,8	41,5	38,0
скрап металлический	0	0	0	0	52,7	50,5	54,0
МОЖ	0	0	0	41,6	39,4	46,5	37,0
известняк	0	27,4	70	22,5	8,4	25,7	18,6
Качество кокса, %: зола	10,1	10,5	10,7	13,5	13,3	12,3	13,4
сера	1,73	1,46	1,34	0,77	0,8	0,91	0,94
M ₂₅	88,0	88,0	87,0	86,7	84,3	85,3	82,5
M ₁₀	5,9	6,4	7,1	8,8	9,3	8,9	9,1
+80 мм	4,1	4,0	9,8	16,4	10,1	11,3	5,6
-25 мм	2,2	2,5	3,4	4,7	5,9	5,5	8,4
CSR	нет св.	нет св.	нет св.	46,2	40,2	39,8	40,0
CRI	нет св.	нет св.	нет св.	38,4	41,9	41,2	43,0
Фракция -5 мм, %:							
агломерат ЮГОК	–	–	–	–	–	–	–
агломерат МП	–	–	–	20,4	–	–	–
агломерат ГОК №1	–	–	–	14,5	13,2	13,4	14,8
агломерат ГОК №2	10,5	8,6	9,0	5,3	4,7	4,3	8,6
окатыши	6,1	5,3	5,1	–	–	–	–
Средневзвешенная фракция -5 мм, %	6,5	7,7	7,4	7,3	4,7	4,3	11,7

Впервые рядовой агломерат ЮГОКа заменили на грохоченный, освобожденный от мелочи, охлажденный, высокоосновный агломерат (основностью 1,57), НКГОКа-2 в феврале 1977 г. [5, 6].

За этот период времени доменная печь была в различном техническом состоянии [7], на печи изменяли диаметр и количество фурм, сменился тип засыпного аппарата, изменялась конструкция горна и система охлаждения, изменялась система загрузки и сильно выросла масса подачи, изменялись способы подвода природного газа в фурму печи и т.д. Дополнительно к технологическим факторам на работу доменной печи влияли и кризисные явления в экономике Украины, когда производительность печи значительно ограничивалась.

С 1980 года основность агломерата ГОК-2 стала снижаться до уровня 1,38-1,4 и в настоящее время основность этого агломерата составляет 1,22 ед., но технология дробления аглоспека, его охлаждения, горячего и холодного грохочения осталась, и сегодня этот агломерат – наиболее качественный в Украине.

Самая высокая фактическая производительность доменной печи была получена в первом (февраль 1977 г.) периоде использования агломерата НКГОК-2 - 6012 т/сут., а самый низкий фактический расход кокса в седьмом периоде (апреле 2009 года) - 457 кг/т. В первом периоде загрузка агломерата ГОК-2 совпала с испытанием на печи технологии чередования фурм различного диаметра (190 и 207 мм) [6,8]. В периоде, когда был достигнут минимальный расход кокса в печь стали загружать антрацит, а в агломерате ГОК-2 снизилось содержание фракции 0-5 мм до 4,7 %.

Учет влияния изменения технологических факторов на удельный расход кокса и производительность печи, т.е. приведение показателей плавки всех периодов к условиям работы печи в первом периоде по методике [9], показал, что даже в период кризиса в горно-металлургическом комплексе в августе 1997 года, когда производительность печи ограничивалась и составила в среднем 3586 т/сут., а расход кокса был 646 кг/т, приведенные показатели работы печи были на достаточно хорошем уровне: приведенная производительность - 5083 т/сут., приведенный расход кокса 483 кг/т.

Самые лучшие приведенные показатели работы печи - производительность 6867 т/сут. (шестой период) и удельный расход кокса 365 кг/т (седьмой период) пришлись на период вывода печи на нормальный режим работы после последнего капитального ремонта с реконструкцией [7].

Выводы и направления дальнейших исследований. Выполненные в работе исследования позволили сделать вывод о том, что при использовании в доменной плавке кокса с показателями качества, соответствующими первому периоду, обеспечении температуры дутья на уровне 1100 °С и давления газа под колошником до 200 кПа, а также при использовании технологии загрузки в печь кускового антрацита, удельная производительность печи может составлять 2,4-2,45 т/м³·сут., а удельный расход кокса - 365-390 кг/т чугуна, что соответствует высокому уровню современной доменной плавки.

Анализ возможности получения прочного агломерата для современной доменной плавки показал, что существуют два реальных пути повышения прочности агломерата, в рамках которых необходимо вести дальнейшие исследования: механическая обработка агломерата после спекания по технологии, применяемой на АФ №2; производство агломерата основностью $\geq 1,6$ или 0,8-0,9 ед.

Первый путь связан с большими капитальными затратами на реконструкцию аглофабрик, а также с необходимостью повторной агломерации значительной доли аглоспека. Второй путь – более предпочтителен, но требует при основности агломерата $\geq 1,6$ использования в шихте доменной плавки неофлюсованных окатышей или кусковой железной руды, а при основности 0,8-0,9 - увеличения расхода сырого известняка в доменной шихте, что при существующей крупности загружаемого в печь известняка приводит к дополнительному расходу кокса на тонну чугуна. Возможен также вариант использования в шихте доменной плавки агломератов двух основностей, но в этом случае могут возникать организационные затруднения.

Список литературы

1. Вегман Е.Ф. Окискование руд и концентратов. – М.: Металлургия. – 1976. – 224 с.
2. Рамм А.Н. Современный доменный процесс. – М.: Металлургия. – 1980. – 304 с.
3. Плевако В.С., Емельянов А.В., Гринвальд А.А. Качество сырья и эффективность доменного производства, днепропетровск: Промінь. – 1971. – С.8.
4. Курунов И.Ф. Состояние и развитие доменного производства Китая, Японии, Северной Америки, Западной Европы и России (по материалам пятого международного конгресса по теории и технологии производства чугуна) // Бюллетень черная металлургия оао “Черметинформация”. – 2010. – №3. – С. 32-49.
5. Прокофьев И.А. Работа доменной печи с использованием освобожденного от мелочи высокоосновного агломерата / И.А. Прокофьев, И.Г. Товаровский, В.И. Бондаренко и др. // Сталь. – 1979. – №5. – С. 332-333.
6. Донсков Е.Г. Работа доменной печи на фурмах различного диаметра с использованием освобожденного от мелочи высокоосновного агломерата // Е.Г. Донсков, В.П. Лялюк, Р.Д. Каменев и др. // Металлургическая и горно-рудная промышленность. – 1982. – №3. – С. 7-9.

7. **Шеремет В.А.** Опыт эксплуатации, выдувки, ремонта и пуска после реконструкции доменной печи объемом 2700 м³ / **В.А. Шеремет, В.П. Лялюк, А.В. Кекух** и др. // Бюллетень Черная металлургия ОАО «Черметинформация». – 2010. – №3. – С. 50-59.

8. **Лялюк В.П.** Исследование работы доменных печей при чередовании фурм различного диаметра // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2001. – №5. – С. 11-15.

9. **Товаровский И.Г., Лялюк В.П.** Эволюция доменной плавки. – Днепропетровск: Пороги, 2001. – 424 с.

Рукопись поступила в редакцию 01.10.13

УДК 622.785: 669.162

В.П. ЛЯЛЮК, д-р техн. наук, проф., **Ф.М. ЖУРАВЛЕВ**, **Д.А. КАССИМ**, **В.П. СОКОЛОВА**, кандидаты техн. наук, доц., **МетИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»**
П.И. ОТОРВИН, канд. техн. наук, **ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»**
В.Н. ЗАХАРЧЕНКО, канд. техн. наук, **Объединение предприятий «Металлургпром»**

ОЦЕНКА КОЛЕБЛЕМОСТИ КАЧЕСТВА АГЛОМЕРАТА АГЛОЦЕХОВ АМКР

Агломерационные цеха аглодоменного департамента ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» нуждаются в глубокой реконструкции с использованием как новой технологии так и нового технологического оборудования, начиная с рудного двора и заканчивая обработкой готовой продукции, с целью производства высококачественного агломерата для современной доменной плавки.

Ключевые слова: агломерат, содержание железа, основность, прочность, оборудование.

Особенности доменной плавки с высокими технологическими показателями и низкими экономическими затратами в значительной мере определяются качеством кокса. Вторым по значимости в структуре себестоимости чугуна является качество железорудных материалов, которое должно обеспечивать получение заданных свойств чугуна (химический состав, температуру) и высоких технико-экономических показателей доменной плавки.

В то же время результаты многих исследований и мирового опыта показали, что повышение качества агломерата является одним из самых эффективных направлений совершенствования технологии доменной плавки [1]. Причем, без качественного агломерата современные энергосберегающие технологии в доменном производстве не обеспечивают кардинальное снижение расхода кокса, уменьшение себестоимости и повышение конкурентоспособности товарного чугуна на внутреннем и внешних рынках.

Сравнение состояния технологии доменной плавки в Украине и за рубежом, показывает, что, в Украине из-за нестабильных, прежде всего сырьевых условий доменной плавки, доменные печи работают с высоким (до 0,8-0,9 %) содержанием кремния в передельном чугуне, при расходе известняка - 50-70 кг/т.

Кроме того, на доменных печах металлургических комбинатов Украины выше и удельный расход железорудных материалов, причем различие этого показателя между передовыми индустриально развитыми странами и Украиной составляет порядка 200-300 кг/т: 1787-1784 кг/т на украинских заводах и 1452-1536 кг/т на доменных печах Германии и Великобритании [2]. Не лучше ситуация у доменщиков Украины и в сравнении с родственными металлургическими предприятиями России. Отставание показателей качества украинского агломерата от современного уровня, достигнутого на зарубежных предприятиях, приводит к потерям выплавки чугуна доменных цехов до ~7 млн т чугуна в год и к перерасходу кокса до 5,4 млн т/год [3].

В условиях развития ГМК Украины сохраняется традиционный сортамент окучкованных железорудных материалов доменной плавки: только агломерат необходимой основности; высокоосновный агломерат и низкоосновные окатыши, либо агломерат, низкоосновные окатыши и сырой флюс. Производственные мощности всех агломерационных цехов, введенных в эксплуатацию в 50-60-х годах прошлого столетия, технологически и морально устарели и не могут обеспечить доменные цеха необходимым количеством качественного агломерата, тем более в условиях необходимости увеличения в аглошихте мелкодисперсных материалов [4].

Современные требования к качеству агломерата для доменного производства сводятся к следующему:

по физическим свойствам: высокая прочность на удар (более 75 %), низкая истираемость (менее 4 %) в холодном состоянии, минимальное ухудшение этих показателей в процессе восстановления и высокая пористость;

по свойствам в процессе нагрева и восстановления: высокая прочность при низкотемпературном (до 800 °С) восстановлении, высокая восстановимость, высокая температура начала размягчения и узкий (80-150 °С) температурный интервал между размягчением и плавлением;

по химическому составу: максимальное содержание железа и низкое (до 5-7 %) содержание FeO; высокая основность, обеспечивающая вывод сырого известняка из доменной шихты;

узкий стабилизированный гранулометрический состав (крупность 10-50 мм, содержание мелочи 0-5 мм не более 2-5 %);

постоянство химического состава: стандартные отклонения от среднеарифметического значения по содержанию железа $Fe_{cp} \pm(0,2-0,25) \%$ и по основности $(CaO/SiO_2)_{cp} \pm(0,02-0,025)$ д.ед. модуля в партиях 500 т.

Стабильность содержания железа и основности, оценивается среднеквадратичным отклонением от среднеарифметического значения этих показателей. Кроме этого снижение колебаний содержания FeO в агломерате до $\pm 0,75 \%$ обеспечивает снижение удельного расхода кокса в размере 7-10 кг/т чугуна [5].

В современных условиях на металлургических заводах Украины количество мелочи в скипах достигает 15-25 %. В тоже время известно, что на каждый выведенный из железорудной шихты 1% фракции 0-5 мм можно ожидать увеличения производительности печи на 1 % при снижении расхода кокса на 0,5 % [6].

В Украине агломерационные фабрики имеют высокую (70-90 %) степень износа и морально устарели, в их составе нет современных технологических схем, и прежде всего, эффективного оборудования для усреднения и дозирования компонентов шихты, а также их смешивания и окомкования, что сказывается на высокой колеблемости металлургических свойств производимой продукции и снижает эффективность доменной плавки [3].

Как уже отмечалось агломерат, производимый на аглофабриках Украины, не соответствует современным требованиям доменной плавки. Не является исключением и агломерат трех агломерационных цехов аглодоменного департамента (АДД) ПАО “АрселорМиттал Кривой Рог” (АМКР) введенных в эксплуатацию в 1951 и 1962 гг.

Авторами данной работы изучена колеблемость качества агломерата АЦ МП, АЦ №1 и АЦ №2, поступающего на доменные печи (ДП) №7 и №8 доменного цеха №1 АМКР по среднемесячным данным за период 2006-2011 годы согласно следующих показателей: содержание Fe, SiO₂, основности (CaO/SiO₂) и содержанию фракции 0-5 мм.

Колеблемость показателей оценивалась по годовым значениям среднеквадратического отклонения σ для однородных показателей и коэффициента вариации v в случае сравнения колеблемости различных показателей качества, имеющих неодинаковую среднюю величину.

На рис 1-4 приведены среднеквадратические отклонения содержания Fe, SiO₂, основности и фракции 0-5 мм в агломерате разных агломерационных цехов, поступившем в приемные бункера шихтоподачи ДП №7, а на рис. 6-9 в агломерате, поступившем в приемные бункера шихтоподачи ДП №8. На рис. 5 и 10 приведены коэффициенты вариации этих показателей агломерационной шихты, состоящей из агломератов АЦ МП, АЦ №1 и АЦ №2 аглодоменного департамента, загруженных в доменные печи ДП № 7 и ДП № 8.

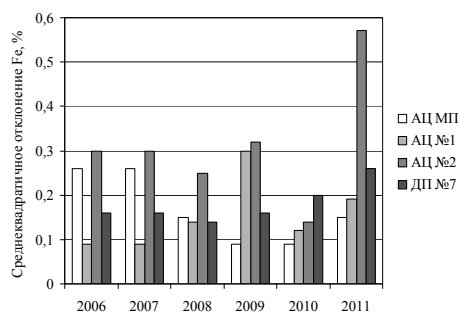


Рис. 1. Колеблемость содержания Fe в агломерате АЦ МП, АЦ №1, АЦ №2 и аглошихте ДП №7 по годам

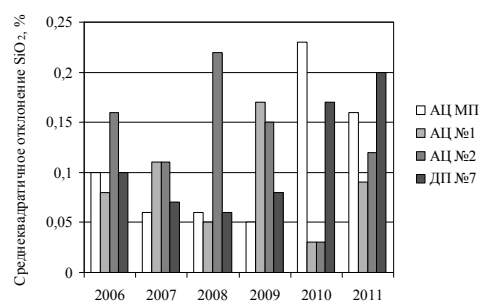


Рис. 2. Колеблемость содержания SiO₂ в агломерате АЦ МП, АЦ №1, АЦ №2 и аглошихте ДП №7 по годам

Наиболее стабильны показатели: содержание Fe и содержание SiO₂. Так, коэффициент вариации содержания Fe в большинстве случаев не превышает 1% (АЦ №2), а в шихте доменных печей – не более 0,5-0,6% (см. рис. 5, 10). Самый высокий коэффициент вариации содержания SiO₂ характерен для шихты ДП №7 и составил всего 2,27 % в 2011 (см. рис. 5) Среднеквадратическое отклонение содержания железа (σ_{Fe}) в агломерате шихты ДП №7 в среднем за рассматриваемый период составляет 0,18 % (0,14-0,26 %). При этом наибольшие значения этого показателя (0,53-0,57 %) характерны для агломерата АЦ №2. Наиболее стабильно содержание железа в агломерате АЦ МП (см. рис. 1, 6), среднее значение $\sigma_{Fe} = 0,17 \%$. Наиболее высокие значения σ_{SiO_2} (0,22-0,29 %) также характерны для агломерата АЦ №2 (см. рис. 2 и 7).

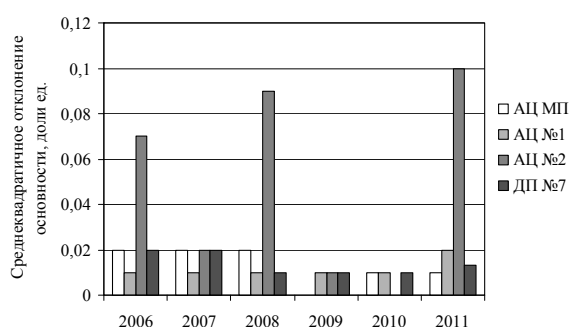


Рис. 3. Колеблемость содержания CaO/SiO₂ в агломерате АЦ МП, АЦ №1, АЦ №2 и аглошихте ДП №7 по годам

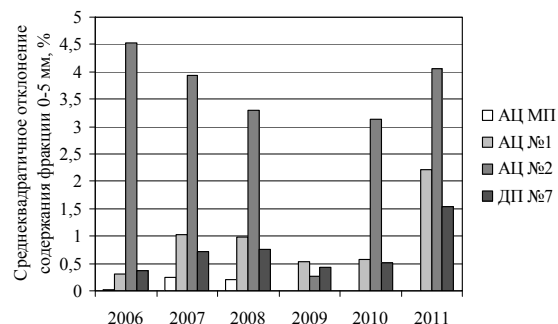


Рис. 4. Колеблемость содержания фракции 0-5 мм в агломерате АЦ МП, АЦ №1, АЦ №2 и аглошихте ДП №7 по годам

Основность агломерата наиболее нестабильна для АЦ №2 ($v_{осн}$ до 7,6 %, $\sigma_{осн}$ до 0,1 д.ед.). Однако из-за небольшого долевого участия этого агломерата в шихте ДП №7 основность шихты в целом стабильна, коэффициент вариации 0,52-1,76 % (рис 5); для ДП №8 – до 2,4 9 % (рис. 10).

Наибольшая колеблемость характерна для содержания фракции 0-5 мм. Так, коэффициент вариации этого показателя в 2011 году для шихты ДП №7 составляет 7,82 %, для шихты ДП №8 – 18,85 % (см. рис. 5 и 10). Это обусловлено значительной нестабильностью этого показателя для агломерата АЦ №2 ($v_{0,5} = 37,1-42,8 \%$). По данным рис. 4 видно, что среднеквадратическое отклонение содержания фракции 0-5 мм в агломерате АЦ №2 в среднем составляет 3,20 % (0,27-4,52 %), в агломерате шихты ДП №7 – 0,72 % (0,37- 1,54 %). Для агломерата шихты ДП №8 (см. рис. 9) этот показатель несколько выше и составляет в среднем 2,13 % (0,54-2,96 %). Высокая колеблемость качественных показателей агломерата агломерационных цехов аглодоменного департамента АМКР связана прежде всего с отсутствием современной системы усреднения шихтовых материалов на рудном дворе АЦ МП и АЦ №3 АДД, поставляющего шихту АЦ №1 и 2.

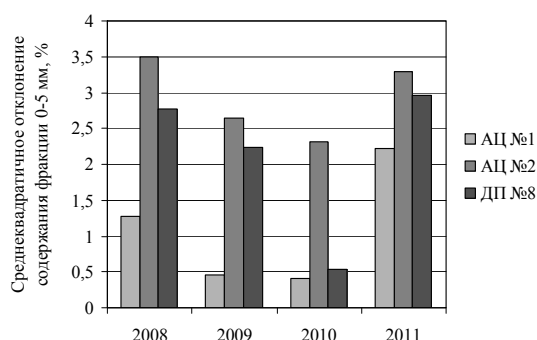


Рис. 9. Колеблемость содержания фракции 0-5 мм в агломерате АЦ №1, АЦ №2 и аглошихте ДП №8 по годам

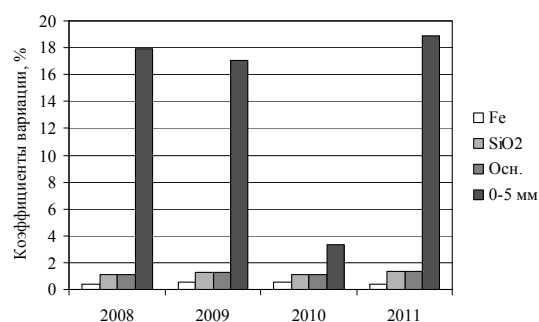


Рис. 10. Колеблемость показателей качества в шихте ДП №8 из агломератов трех фабрик по годам

Например, в Японии на заводе фирмы “Ниппон кокан” в Фукуяме колебания содержания железа в смеси между штабелями составляют не более $\pm 0,05 \%$, кремнезема менее $\pm 0,03 \%$, а основности аглошихты не более $\pm 0,03$ д. ед. Японские металлурги отмечают, что особенно

важным показателем качества агломерата является стабильность его основности, по их данным снижение колебания основности с $\pm 0,05$ до $\pm 0,025$ д. ед. обеспечивает повышение производительности доменных печей на 0,5 % и уменьшение удельного расхода кокса на 0,3 % [14].

Таким образом, одним из основных средств достижения стабильного химического и минералогического состава агломерата является высокоэффективное усреднение каждого шихтового материала в штабелях на открытом складе.

На рудном дворе АЦ МП в штабель вместе с железорудными материалами закладываются отличающиеся от них по химическому составу добавки: прокатную окалину, марганцевую руду и др. без четкого весового соотношения (согласно расчета шихты) между материалами.

Для исключения отрицательного влияния этих добавок на однородность смеси целесообразно осуществлять предварительное усреднение каждой из добавок в отдельных штабелях, а затем их дозировать согласно рассчитанного соотношения и смешивать, после чего полученную смесь добавок направлять в расходные бункера шихтового отделения, куда направляются и остальные компоненты аглошихты.

Для уменьшения колебаний состава смеси по длине штабеля необходимо предусматривать укладку слоями меньшей и одинаковой толщины.

Строгая регламентация последовательности укладки материалов, их количества и способности перемешиваться друг с другом также являются обязательными условиями высокой однородности смеси и соответственно качества агломерата.

Забор материала из штабеля и подача его в расходные бункера шихтового отделения должен осуществляться роторными заборщиками с торца сформированного штабеля, начиная сверху вниз равномерно по всему сечению штабеля, а не одним экскаватором снизу как это осуществляется в настоящее время.

Существенное влияние на стабильность химического состава агломерата оказывает обеспечение высокой точности дозирования шихтовых материалов из бункеров и эффективное их смешивание до однородности не ниже 96-98 % в шихтовом отделении АЦ МП и АЦ №3.

Для решения этой задачи необходимо внедрять современную комплексную систему контроля и автоматического управления шихтовым отделением на базе современных ЭВМ, а также высокоэффективные смесители шихты.

В целом аглоцеха аглодоменного департамента ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» нуждаются в глубокой реконструкции с использованием нового оборудования: укладчики и заборщики материалов, весовые автоматические дозаторы, консольные и трубные виброконвейеры, эффективные смесители (роторные и др.) и окомкователи, а также оборудование агломашин.

Список литературы

1. **Мищенко И.М.** Состояние агломерационного производства предприятий Украины и основные направления повышения его технического уровня / **И.М. Мищенко, А.З. Крижевский, Н.С. Хлапонин** и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1990. – №2. – С. 1-4.
2. **Ефименко Г.Г., Черный В.Г.** Доменное производство Украины и передовых индустриальных стран мира – состояние, проблемы, перспективы развития // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2007. – №6. – С. 7-13.
3. **Мищенко И.М., Хлапонин Н.С., Шаповалова Н.Г.** Направление развития агломерационного производства Украины // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2006. – №2. – С. 12-16.
4. **Ефименко Г.Г.** Новое направление в производстве железорудных материалов для доменного передела / **Г.Г. Ефименко, Н.В. Игнатов, В.П. Иващенко** и др. // *Новини науки Придніпров'я*. – Май. – 2010. – С. 144-148.
5. **Савицкая Л.И.** Развитие агломерационного производства в странах Западной Европы // *Обзорная информация. Серия Подготовка сырьевых материалов к металлургическому переделу*. – М.: ЦНИИ ЧМ, 1982. – Выпуск 2. – 24 с.
6. **Товаровский И.Г. Лялюк В.П.** Эволюция доменной плавки. – Днепропетровск: Пороги, 2001. – 424 с.
7. **Савицкая Л.И.** Экономия энергоресурсов в аглодоменном производстве // *Обзорная информация. Серия Подготовка сырых материалов к металлургическому переделу и производство чугуна*. – М.: ЦНИИ ЧМ. – 1983. – Выпуск 5. – 37 с.

Рукопись поступила в редакцию 01.10.13

А.С. ГРОМАДСКИЙ, д-р техн. наук, проф., В.Д. АФАНАСЬЕВ, канд. техн. наук, доц.,
Д.И. КУЗЬМЕНКО, аспирант, Криворожский национальный университет

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В БУРОВОМ ИНСТРУМЕНТЕ

Проблема и ее связь с практическими задачами. Около 25 % железных руд в Украине добывается подземным способом. Наиболее распространенным и эффективным способом разрушения горных пород средней и высокой крепости являются буровзрывные работы, этим способом отбивается около 50 % руды.

Трудоемкость буровзрывных работ составляет 15-30 % общей трудоемкости очистной выемки руды. С увеличением крепости пород в первую очередь возрастает трудоемкость буровых работ при разработке подземных руд.

Сокращение сроков их проведения и увеличение производительности труда требуют непрерывного совершенствования буровой техники.

Для бурения шпуров (40-70 мм) в породах средней крепости и выше используются буровые установки с выносными вращательно-ударными механизмами.

При этом энергия ударника в виде волны деформации сжатия передается по составному буровому инструменту к забою. С целью повышения скорости бурения скважин были созданы конструкции мощных выносных вращательно-ударных узлов.

Анализ исследований и публикаций. Проблемой повышения эффективности буровзрывных работ занимались известные ученые в отрасли горных машин и механики бурения [1-4]. Технический переворот в области бурения скважин связан с внедрением в горной промышленности гидроударных буровых машин (ГБМ) вращательно-ударного действия, что позволило увеличить энергию удара с 200-250 Дж (у ПБМ) до 500-800 Дж.

Однако повышение энергии удара ограничивается прочностью составного бурового инструмента, так как диаметр скважин не изменился, то большую ударную мощность передают через штангу и соединение прежних размеров.

Невозможность применения мощного бурового оборудования при проведении подэтажных выработок, объем которых составляет 70% от общего объема проходческих работ на шахтах.

Поэтому весьма актуальным становится вопрос модернизации бурового инструмента, которая позволила бы увеличить его работоспособность и повысить производительность труда при бурении скважин.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является повышения эффективности передачи породоразрушающих ударных импульсов от перфоратора к породоразрушающим элементам буровой коронки для увеличения эффективности разрушения породы за счет выбора рациональных геометрических параметров корпуса коронки.

Изложение материала и результаты. Рассмотрим процесс передачи энергии удара в системе поршень-штанга-порода. Поршень-ударник буровой машины наносит удар по штанге, при этом передавая часть своей энергии штанге, а часть энергии отражаясь от области контакта между ударником и штангой возвращается ударнику.

Эта энергия расходуется на деформацию самого ударника, часть переходит в тепло, а часть в акустическое излучение шума.

Энергия, переданная штанге расходуется на деформацию штанги, на тепловое излучение и акустическое излучение шума.

Основная часть энергии передается коронке, а часть теряется (отражаясь обратно в штангу).

Энергия, переданная коронке расходуется на разрушение породы, деформацию коронки, тепловое излучение и излучение акустического шума. Часть энергии идущей на разрушение возвращается в систему поршень-штанга-коронка-порода, рис. 1.

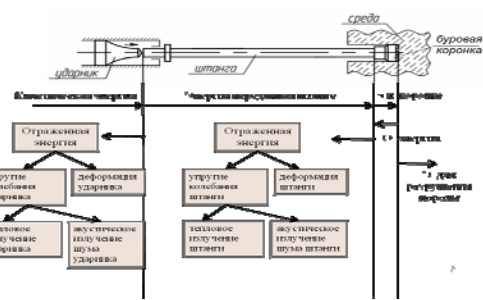


Рис. 1. Процесс передачи энергии удара в системе поршень-штанга-коронка-порода

В зависимости от физико-механических свойств породы и материала бурового инструмента возвращается от 20 до 40% энергии.

Для исследования напряжений в элементах корпуса коронки выполнено виртуальное компьютерное моделирование с использованием пакета COSMOSWorks. Пакет COSMOSWorks основан на

использовании метода конечных элементов.

Все расчетные схемы коронок были построены в среде SolidWorks с учетом требований, выдвигаемых пакетом COSMOSWorks.

Радиус кривизны коронки	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4	Схема 5
	$R \rightarrow +\infty$	$R = +8914$	$R = +7827$	$R = +6740$	$R = +5653$
Радиус кривизны коронки	Схема 6	Схема 7	Схема 8	Схема 9	Схема 10
	$R = +4566$	$R = +3479$	$R = +2392$	$R = +1305$	$R = +218$
Радиус кривизны коронки	Схема 11	Схема 12	Схема 13	Схема 14	Схема 15
	$R \rightarrow -\infty$	$R = -8914$	$R = -827$	$R = -6740$	$R = -5653$
Радиус кривизны коронки	Схема 16	Схема 17	Схема 18	Схема 19	Схема 20
	$R = -4566$	$R = -3479$	$R = -2392$	$R = -1305$	$R = -218$

Рис. 2. Результаты математического моделирования

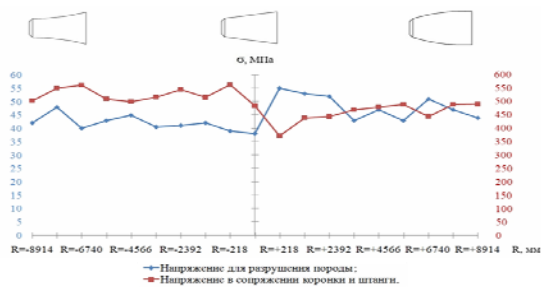


Рис. 3. Распределение напряжения в буровом инструменте

к разрушению корпуса коронки при наличии концентраторов напряжений и микротрещин после термообработки.

Коронки с повышенными напряжениями на породоразрушающих элементах теоретически обеспечат повышенную эффективность разрушения горной породы пропорционально отношению напряжений на породоразрушающих элементах, по сравнению с коронками, с меньшими напряжениями на породоразрушающих элементах, в которых разрушение породы осуществляется в основном за счет бокового скалывания.

На рис. 4 представлены результаты исследований влияния геометрических параметров пазов для выноса шлама на передачу энергии ударных импульсов к породоразрушающим элементам буровой коронки.

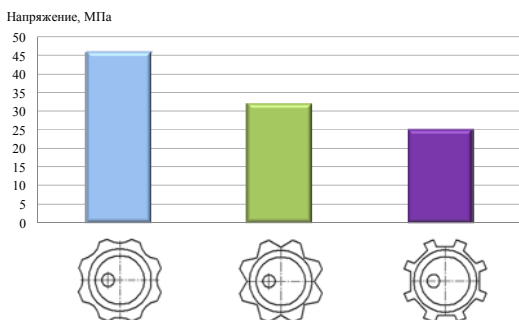


Рис. 4. Влияние геометрических параметров пазов для выноса шлама на процесс передачи энергии ударных импульсов к породоразрушающим элементам буровой коронки

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее эффективен корпус коронки с круглыми боковыми пазами для выноса бурового шлама.

Величина напряжения на породоразрушающих штырях (элементах) составляет 46 МПа. В то время

как величина напряжений на штырях коронки с треугольными пазы составляет порядка 32 МПа, трапецеидальными - 25 МПа.

Выводы. Наиболее благоприятны с точки зрения рационального распределения напряжений по корпусу коронки схемы с положительным радиусом кривизны $R > 0$.

Все рассмотренные схемы корпусов с отрицательной кривизной корпуса $R < 0$ (схемы 11-20) имеют повышенное напряжение в зоне сопряжения коронки и штанги.

Круглые боковые пазы для выноса бурового шлама обеспечивают лучшую передачу ударного импульса от поршня-ударника к породоразрушающим элементам буровой коронки.

Список литературы

1. Ратинников Е.Ф. Исследование энергетических законов разрушения горных пород при бурении. «Известия вузов, Горный Журнал», 1968. - 12-20 с.
2. Арцимович Г.В. Исследование и разработка породоразрушающего инструмента для бурения. Изд-во «Наука» Сибирское отделение: Новосибирск, 1978.
3. Остроушко И. А. Разрушение горных пород при бурении. Госгеолитиз-дат, М., 1952.
4. Барон Л. И., Веселов Г. М., Конышин Ю. Г. Экспериментальные исследования процессов разрушения горных пород ударом. Изд-во АН СССР. М., 1962.
5. Иванов К.И. Прохождение ударных импульсов через буровой инструмент. Горный породоразрушающий инструмент (Сб. статей), К.- 1966.

Рукопись поступила в редакцию 18.04.14

УДК 332.6: 631.95

А.Ю. ПАЛАМАР, аспирантка, Криворізький національний університет
М.С. МАЛАНЧУК, канд. техн. наук, Національний університет «Львівська політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ НОРМАТИВНОЇ ГРОШОВОЇ ОЦІНКИ В МЕЖАХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТИВ РОЗТАШОВАНИХ В ЗОНІ ВПЛИВУ ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Розглядається порядок ведення нормативної грошової оцінки земель в межах населених пунктів. Акцентовано увагу на особливості застосування локального коефіцієнту, що враховує екологічний фактор. Наводиться аргументація залежності нормативної грошової оцінки земель від екологічної ситуації певної території та ступеня порушення земної поверхні. Чим складніша екологічна ситуація на території, тим менша її нормативна грошова оцінка.

Постановка проблеми. Забруднення навколишнього середовища, крім серйозних негативних наслідків для здоров'я людей, призводить і до значних матеріальних втрат, що виражається в зниженні вартості не лише нерухомості, але й вартості земельних ділянок, виникненні додаткових витрат, пов'язаних із ліквідацією наслідків заподіяної шкоди, прямих втратах доходу від погіршення якості та зменшення прибутковості різних категорій земельних угідь або природних об'єктів тощо.

Встановлення різного роду природоохоронних обмежень господарської діяльності на деяких територіях, заборона розміщення промислових об'єктів, обмеження обсягів транспортного руху, вимоги щодо компенсації завданого збитку та інші обставини екологічного характеру впливають на землекористування та достовірність обчислення вартості оцінки земельних ділянок [1].

Як показує досвід розвинених країн, ринок нерухомості досить чітко реагує на новий фактор формування вартості - стан навколишнього природного середовища. Таким чином, в умовах становлення ринку землі в Україні набуває актуальності дослідження впливу екологічної ситуації на ринкову ціну земельних ділянок. Саме в цьому постає питання вивчення більш детального впливу екологічного фактору на ціну землі при введенні локальних коефіцієнтів.

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. Дослідженню напрямів становлення ринку землі та методології грошової оцінки земель в Україні присвячені праці таких відомих вітчизняних дослідників, як А.С.Даниленко, Ю.Д.Білик, В.Ф.Сайко, Ю.Ф.Дехтяренко, М.Г.Лихогруд, Ю.М.Манцевич, Ю.М.Палеха, С.І.Дорогунцов, Д.С.Добряк та ін. [2].

Виклад матеріалу дослідження. Швидка, можна навіть сказати, швидкісна урбанізація як глобальна проблема з'явилася вже кілька десятиліть тому, і розвиток великих міст в мегаполіси призвело до народження основних джерел перетворення і забруднення навколишнього середовища, а також зміна міського простору. У термінах оцінки земель і під екологічним фактором, або фактором навколишнього середовища, розуміють будь-яке природне явище чи якісний стан навколишнього середовища і його окремих компонентів, що впливає на ринкову вартість земельних ділянок [3].

Нормативна грошова оцінка земель використовується для визначення розміру земельного податку, державного мита при міні, спадкуванні та даруванні земельних ділянок згідно із законом, орендної плати за земельні ділянки державної та комунальної власності, втрат сільськогосподарського та лісгосподарського виробництва, а також під час розроблення показників та механізмів економічного стимулювання раціонального використання та охорони земель [4]. А отже потребує якісного виконання та особливого підходу до кожного об'єкта оцінки.

Території різних населених пунктів мають свої особливості щодо структури земельного фонду та використання земель. Значна частина територій таких міст, як: Кривий Ріг, Донбас, Луганськ припадає на землі промисловості. Тому більшість територій таких міст мають певні порушення, і територій що мають характеристики комфортного проживання залишається все менше і менше.

Отже важливе місце в оцінці земель даних територій має займати екологічний фактор.

Наприклад, до екологічних факторів можна віднести такі умови та параметри навколишнього природного середовища, як рівень забруднення води, повітря, ґрунту (включаючи радіоактивне); наявність зелених масивів, привабливого ландшафтного вигляду ділянки, наявність або відсутність поблизу смітників, наявність чи відсутність поряд несприятливих промислових об'єктів (скажімо, сміттєспалювальних заводів) тощо.

До факторів навколишнього середовища також відносять такі природні умови місцевості, які пов'язані з кліматичними, гідрологічними, гідрогеологічними і гірничо-геологічними особливостями території [5-6].

До гірничо-геологічних параметрів відносять наявність таких явищ, як карст, зсуви, підвищена сейсмічність, складний рельєф, будівельні якості ґрунтів і підстилаючої породи, гідрогеологічні умови та ін.

Крім природних та антропогенних явищ і процесів, які безпосередньо впливають на вартість земель, потрібно враховувати опосередкований вплив цих факторів на формування вартості, що проявляється у встановленні різного роду обмежень, вимог та обтяжень екологічного характеру, а також можливості виникнення фінансової й матеріальної відповідальності за заподіяну екологічну шкоду та збиток або додаткові витрати на відновлення порушеної якості середовища, ліквідацію забруднень, зміну технологій і обладнання.

Диференціюючи екологічні чинники, що впливають на грошову оцінку земель за особливостями їхнього походження та сферою впливу, можна виділити три класи екологічних факторів, які слід враховувати при оцінці земель:

екологічні фактори, що безпосередньо впливають на вартість земель в даний момент або здатні змінити її вартість після їх виявлення у майбутньому, якщо в цей час вони не виявлені;

обмеження у використанні нерухомого майна, які пов'язані із збереженням екологічних властивостей об'єктів нерухомості та навколишніх екотопів;

юридичні зобов'язання, що пов'язані або із здійсненням виплат, або з проведенням робіт щодо ліквідації заподіяного збитку внаслідок забруднення і засмічення земель.

Загальноприйнятої класифікації таких факторів нині не існує [7]. У практиці оцінки земель також не склалася чітка й однозначна класифікація екологічних факторів, які б безпосередньо впливають на оцінку земель. В умовах нерозвинутого ринку землі більшого значення набуває перший клас факторів, який враховується або через місце розташування об'єкта нерухомості (об'єкт перебуває в екологічно чистому чи екологічно забрудненому районі), або як самостійний елемент порівняння, що потребує коригування (наприклад, наявність чи відсутність поряд із ділянкою екологічно небезпечних об'єктів).

Фактори, що безпосередньо впливають на грошову оцінку земель, залежно від виду впливу можна умовно поділити на позитивні, тобто такі параметри навколишнього середовища, які

підвищують вартість земельної ділянки, й негативні, а саме якісні та кількісні параметри, що знижують її вартість.

До негативних екологічних факторів належать усі наслідки і прояви негативного впливу на навколишнє природне середовище. В основному це хімічне забруднення води, повітря, землі, псування чи знищення родючого шару ґрунту, знищення зелених насаджень тощо.

До особливих видів такого негативного впливу відносять забруднення діоксинами, пестицидами, радіоактивне, шумове, електромагнітне, вібраційне та теплове. До негативних екологічних факторів також можна віднести розташування ділянки поряд із непривабливими в естетичному і небезпечними в екологічному відношенні промисловими об'єктами.

Перелік таких екологічних факторів може бути досить широким, і в кожному конкретному випадку оцінювачу необхідно визначити, який саме фактор впливає на вартість конкретної земельної ділянки. Слід також зазначити, що досить часто враховують лише три із наведених факторів – якість повітря, наявність зелених насаджень і відсутність промислових об'єктів, на основі чого формується уявлення людей про якість навколишнього середовища й відповідно про престижність даних районів і ціни на нерухомість та грошової оцінки земель. Слід підкреслити те що даний фактор (екологічний), є одним із чотирьох груп факторів, які враховуються тільки при визначенні комплексного індексу цінності територій, що не завжди можна вважати об'єктивною характеристикою.

В містах сконцентрованої промисловості можуть бути свої вагові коефіцієнти, при визначенні значення екологічного коефіцієнту. На сучасному етапі формування, нормативна грошова оцінка земель враховує відповідні фактори для населення Криворіжжя:

викиди в повітря – 0,34;

забруднення земель – 0,20;

забруднення водних горизонтів – 0,26;

вплив шуму – 0,13;

вплив електромагнітних коливань – 0,07.

При розрахунку значень коефіцієнтів забруднення повітря використовувався метод потенціалів (95% достовірності від розрахунків по програмі інституту Воєйкова), інші показники групи одержані методом суми показників властивостей. Сумарний показник E_i (екологічний стан території по окремим земельним ділянкам), одержано як суму добутоків відповідних чинників та їх «вагових» співвідношень. Але тільки викидам в повітря віддають лише 0,34, що приходить лише $\frac{1}{4}$ частина результатів по факторній оцінці при визначенні комплексного індексу цінності території (I_i). На мою думку воно не достатньо чітко відображає вплив екології на стан земель [8].

Отже це в свою чергу не цілком правдиво відображає вартість землі. Оскільки Кривий Ріг - великий потужний промисловий комплекс, з великою чисельністю проживання людей, то нормативну вартість землі необхідно розраховувати з застосування екологічних факторів, а саме з врахуванням зон комфортного проживання міста, про яку говорилося в попередніх роботах автора.

Дія екологічних факторів може проявлятися як на локальному так і на регіональному рівні. Локальний рівень припускає підвищення вартості земельних ділянок та нерухомості залежно від розташування стосовно того чи іншого джерела екологічного впливу. На регіональному рівні дія перерахованих екологічних факторів проявляється в підвищенні вартості землі й нерухомості у певному районі, який займає значну територію стосовно одиничного землеволодіння або мікрорайону.

Серед локальних коефіцієнтів які впливають на оціночну вартість конкретної земельної ділянки немає екологічних факторів, є тільки присутні санітарно-гігієнічні фактори. Тому на нашу думку для великих промислових міст потрібно враховувати коефіцієнт, який буде характеризувати зони комфортного проживання.

Проаналізувавши та дослідивши територію м. Кривий Ріг та з використанням раніше складеної карти зон комфортності проживання, можна сказати, що коефіцієнт комфортного проживання ($K_{лк}$), повинен залежати від відповідних зон проживання:

сприятлива;

умовно сприятлива;

не сприятлива;

вельми несприятлива;
дуже несприятлива.

Кожна із зон оцінюється по п'яти критеріям екологічної оцінки стану геологічного середовища: хімічне забруднення ґрунтів, техногенне навантаження природних ландшафтів, техногенне навантаження, хімічне забруднення підземних вод четвертинного водоносного горизонту та підтоплені території. Всі критерії рівнозначні при наявності лише одного із двох критеріїв, для виділення зон, перевагу віддавали таким як: хімічне забруднення ґрунтів, техногенна зміна природних ландшафтів, як найбільш вагомо впливаючи на життєдіяльність населення [5].

В результаті математичних розрахунків та із застосуванням програмного комплексу Surfer, що дав можливість проінтерполювати та отримати креслення моделі значень даного коефіцієнта, отримали значення локального коефіцієнта Клк, який представлений в табл. 1

Таблиця 1

Значення локального коефіцієнта Клк, який характеризує розташування земельної ділянки в зонах комфортності проживання міста Кривий Ріг

№	Тип екологічної ситуації (Клк)	Значення коефіцієнта, Клк
1	Сприятливий	0,98
2	Умовно сприятливий	0,81
3	Не сприятливий	0,75
4	Вельми несприятливий	0,45
5	Дуже несприятливий	0,30

Висновки та напрямок подальших досліджень. Стан навколишнього природного середовища можна розглядати як один із найважливіших, а в деяких випадках — навіть як визначальний фактор, що впливає на ціну земельної ділянки в промислових районах [9]. Цей фактор має визначатися, по-перше, на основі глибокого аналізу всієї багатоманітності екологічних впливів на землю та нерухоме майно і, по-друге, - із застосуванням чіткої класифікації цих впливів, яка б дала змогу уніфікувати процедури їхньої оцінки. Отже, застосування запропонованого значення коефіцієнта дасть можливість достовірніше обчислити вартість земель тих територій що є порушеними в різних відношеннях, але не використовуються як землі промисловості. Це свідчить про те, що нормативна грошова оцінка земель із особливими характеристиками залежить від зон комфортності проживання (що характеризується коефіцієнтом Клк), що дасть можливість оцінити їх об'єктивну вартість з урахуванням ступеня їхнього техногенного порушення. Такий підхід дасть можливість реально визначити орендну плату чи земельний податок для тих земельних ділянок які є забрудненими та порушеними, але не використовуються як землі досліджень та розробок, гірничої промисловості та гірничих розробок і як землі промисловості [10].

Список літератури

1. **Л.М. Казаченко., Р.О. Гонцій.** Задачі землеустрою в ході земельної реформи // Міжнародна практична конференція «Землепорядна освіта, наука, виробництво сьогодення і перспективи очима молодих вчених», НАУ, Київ, 2003. – С. 120-123
 2. **С.І. Дорогунцов, О.С Новоторов, Г.С Ніколаєнко.** Оцінка земельно-ресурсного потенціалу України і проблеми забезпечення його ефективного використання: Наукова доповідь / РВПС України НАН України. - Київ, 1999.- С. 61
 3. **С.І. Дорогунцов, М.А. Хвесик, П.П. Пастушенко.** Екосередовище і сучасність. - Т.1: Природне середовище у сучасному вимірі: Монографія. - К.: Кондор, 2006. - 424 с.123, с.67
 4. **В.А Коптюч.** Конференція ООН по оточуючій середі і розвитку (Ріо-де-Жанейро, июнь 1992): Інформаційний обзор, РАН, 60. - Новосибірськ, 1992. - 263 с.
 5. **Л.Г. Мельник.** Екологічна економіка: Підручник. - Суми: ВТД «Універс. книга», 2002. - 346 с.243,с.178
 6. **Л.М. Казаченко.** Зв'язок оцінної вартості земель населеного пункту з методами виявлення забруднюючих речовин у ґрунтах //Науковий вісник НАУ. - № 66. - Київ, 2003. - С. 78-82.
 7. **І.П. Манько.** Грошова оцінка земель як важливий чинник регулювання земельних відносин / **Манько І.П.** // Землепорядний вісник. - 2005. - №3. - С. 60-62.
 8. **Д.С. Добряк.** Грошова оцінка земель як важливий чинник регулювання ринку сільськогосподарських земель / **Добряк Д.С., Вітвіцька В. М.** // Землеустрій і кадастр. - 2010. - № 1. - С. 5-16.
 9. **Дмитро Сацький.** Масова оцінка землі - справедлива та ефективна база для розрахунку земельного податку / Дмитро Сацький // Землепорядний вісник. - 2010. - № 3. - С. 44-47.
 10. **Д.І. Бабміндра.** Грошова оцінка земель повинна здійснюватися на ринкових засадах / **Бабміндра Д. І., Слєфтеріаді Т. І** // Землеустрій і кадастр. - 2010. - № 1. - С. 16-19.
- Рукопис подано до редакції 03.03.14

РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЗАПОЛНЕНИЯ ПУСТОТ ЗАКЛАДОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ

Рассмотрены результаты исследований, посвященных определению параметров закладочных скважин, пробуренных с поверхности.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Отработка месторождений Кривбасса долгое время проводилась открытым и подземным способами. В некоторых случаях, подземные горные работы достигли бортов действующих карьеров, и под бортами действующих карьеров образовались подземные пустоты. Такая ситуация сложилась на карьере №1 ПАО «ЦГОК», Первомайском карьере ПАО «СевГОК». В предыдущих исследованиях было установлено [1], что возможность отработки бортов, опасных на предмет выхода пустот в виде воронок на поверхность, возможна только в случае их погашения из безопасной зоны путем закладки. Поэтому возникла необходимость определить основные параметры закладочных скважин, способных обеспечить заданную производительность и проходимость закладочного материала, представленного дробленой скальной массой..

Анализ исследований и публикаций. Самотечная закладка применяется при разработке крутопадающих месторождений, когда закладочный материал может размещаться в выработанном пространстве под действием собственной силы тяжести.

Применение самотечной закладки выработанного пространства на рудных и угольных шахтах осуществляется либо через горные выработки, либо через закладочные скважины, которые бурятся с дневной поверхности. При использовании горных выработок (диаметром свыше 3 метров), основное внимание уделяется гранулометрическому составу закладочных горных пород, который бы позволил обеспечить требуемую плотность закладки. Установлено, что для достижения высокой плотности закладочного массива необходимо применять закладочный материал с максимальным размером куска не более 250 - 300 мм, а содержание глинистых пород не должно превышать 20%. При этом содержание мелких частиц должно быть не более 10-15%, а фракции от 0 до 20 мм не более 30%. При мелкокусковом закладочном материале усадка достигает 25%, а при крупнокусковом 40% [2].

Практикой разработки мощных крутопадающих пластов в Кузнецком угольном бассейне (Россия) установлено, что в процессе заполнения выработанного пространства самотечным способом происходит расслоение закладочного материала по крупности кусков. Установлено, что в зависимости от угла падения пласта, формы кусков, влажности закладочного материала и т.п, куски породы, обладающие большей массой проходят более длинный путь, чем куски породы меньшей массы.

При использовании закладочных скважин и труб, кроме выше перечисленных требований, необходимо чтобы закладочный материал и технология его доставки к пустотам исключала возможность образования пробок. Так в работе [3] отмечается, что максимальный размер куска в закладочном материале не должен превышать 0,25 внутреннего диаметра закладочной скважины. В работах [4,5] дана информация о способах получения дробленого материала заданной крупности.

Постановка задачи. Определение параметров закладочных скважин и закладочного материала для обеспечения максимальной производительности закладочных работ при погашении пустот с поверхности.

Изложение материала и результаты. Экспериментально установлено, что массивные куски закладочного материала, имеющие окатанную форму, катятся по поверхности закладочной скважины, а куски пластинчатой формы скользят по поверхности скважины вниз [6,7].

В случае скольжения кусков породы по наклонной плоскости дифференциальные уравнения движения данного тела можно представить в следующем виде [8]

$$\begin{cases} m \frac{d^2 x}{dt^2} = mg \sin \alpha - F_{mp}, \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} = mg \cos \alpha - N, \end{cases} \quad (1)$$

Подставляя значение силы трения в первое дифференциальное уравнение системы и сократив в этом уравнении массу тела m , получим

$$\frac{dV}{dt} = g(\sin \alpha - f \cos \alpha)$$

Учитывая, что в левой части выше приведенного уравнения находится величина, определяющая ускорение тела, можно утверждать, что его значение постоянно, а значит, тело будет двигаться равноускоренно.

Для определения конечной скорости тела, в дифференциальном уравнении произведем разделение переменных, а затем проинтегрируем в соответствующих пределах

$$\int_0^V dV = \int_0^t g(\sin \alpha - f \cos \alpha) dt$$

Предполагая, что в начальный момент времени скорость тела равна нулю, получим:

$$V = g(\sin \alpha - f \cos \alpha) t, \text{ или } dx = g(\sin \alpha - f \cos \alpha) t dt$$

Интегрируем это уравнение в предположении, что в начальный момент времени x равно нулю

$$\int_0^L dx = \int_0^t g(\sin \alpha - f \cos \alpha) t dt$$

И получим

$$L = g(\sin \alpha - f \cos \alpha) \frac{t^2}{2}$$

где L - протяженность закладочной скважины, м; t - время прохождения сыпучего материала через закладочную скважину, с.

Учитывая, что при расчетах технологических параметров процесса закладки выработанного пространства, длина скважины и ее угол наклона известны, время прохождения сыпучего материала, с учетом выше приведенного выражения, может быть определено из следующего выражения

$$t = \sqrt{\frac{2L}{g(\sin \alpha - f \cos \alpha)}} \quad (2)$$

На рис. 1 представлена зависимость времени движения сыпучего материала в закладочной скважине от ее длины при различных значениях ее угла наклона, а на рис. 2 - от величины коэффициента внешнего трения.

Экспериментально установлено, что при движении даже сухих мелких породных фракций между ними возникают силы молекулярного сцепления, которые могут существенно превышать силу тяжести. Это приводит к тому, что скорость сыпучего материала у стенки на 40% меньше, чем в середине, а в некоторых случаях вдоль стенок трубы образуется неподвижный слой сыпучего материала [9].

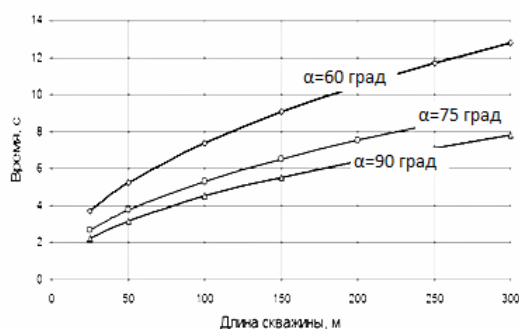


Рис. 1 Зависимость времени движения сыпучего материала по скважине от ее длины при различных углах наклона

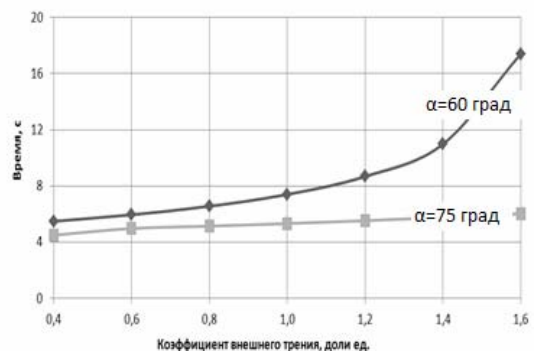


Рис. 2 Зависимость времени движения сыпучего материала по скважине длиной 100 метров от коэффициента внешнего трения сыпучего материала

В работе [10] приведены результаты определения углов внешнего трения отбитой железной руды об породный монолит при осуществлении ее выпуска.

В результате было установлено существенное снижение угла внешнего трения при увеличении крупности отбитой железной руды, что и отражено на графике, который приведен на рис. 3.

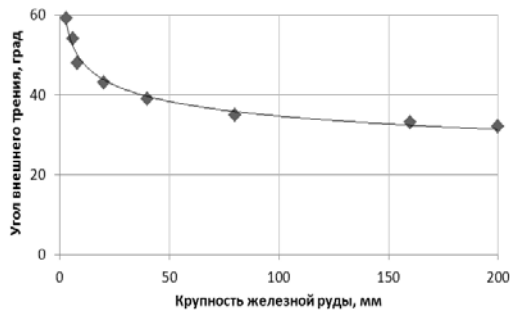


Рис. 3. Зависимость угла внешнего трения от крупности руды

Выполненная аппроксимация данных работы [10], позволила получить аналитическое выражение для описания данной зависимости угла внешнего трения φ^1 разрушенной скальной породы от ее крупности d (в мм) следующего виде

$$\varphi^1 = 67,7 d^{0,145}, \text{ град.} \quad (3)$$

Качество аппроксимации данной зависимости: $R^2 = 0,986$.

Использование аналитической зависимости (3), позволяет численно определить закономерность изменения времени скольжения отдельных фракций сыпучего материала по поверхности закладочной скважины в зависимости от их линейных размеров.

В этом случае, с учетом выражений (2) и (3) получим следующее выражение для определения времени скольжения отдельных фракций сыпучего материала по поверхности закладочной скважины в зависимости от их линейных размеров в следующем виде

$$t = \sqrt{\frac{2L}{g[\sin \alpha - \text{tg}(67,7 d^{0,145}) \cos \alpha]}} \quad (4)$$

где L – длина закладочной скважины, м; d – линейный размер куска породы в закладочном материале, мм; α – угол наклона скважины, град.

На рис. 4 приведена зависимость времени скольжения сыпучего материала по поверхности закладочной скважины с углом наклона 75° , в зависимости от линейных размеров кусков породы.

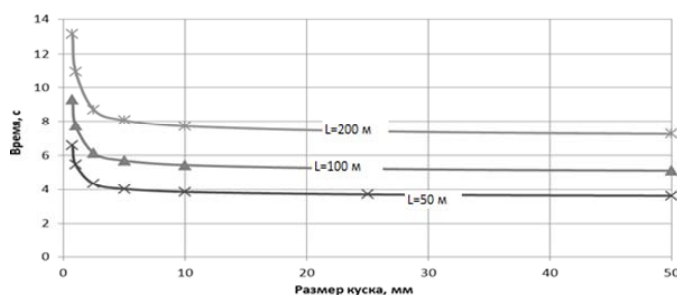


Рис. 4. Закономерности изменения времени движения фракций сыпучего материала в закладочной скважине от их размера

Данная зависимость однозначно показывает, что в процессе скольжения сыпучего материала по поверхности закладочной скважины произойдет его разделение по фракциям.

Большие куски породы покатаются по поверхности скважины и за короткое время достигнут выработанного пространства. Средние куски породы будут скользить по поверхности скважины и за более длительное время достигнут выработанного пространства. Мелкие куски породы ($d \leq 4$ мм) будут медленно скользить по поверхности скважины и при определенных условиях их движение прекратится совсем. Очевидно, что в этом случае образование породной пробки в скважине с течением времени более чем вероятно, и при проектировании параметров закладки такого развития событий необходимо избегать.

Совместное решение уравнений (2-4) позволило получить эмпирическое соотношение позволяющее определять максимальный размер куска породы, который уже не будет скользить по поверхности закладочной скважины в зависимости от ее угла наклона в следующем виде

$$d \leq (67,7/\alpha)^{6,9}$$

где d – линейный размер куска породы в закладочном материале, мм; α – угол наклона скважины, град.

При осуществлении процесса закладки пустот сыпучим материалом самым главным технологическим параметром является производительность закладочного оборудования. Очевидно,

что эта производительность должна быть по возможности максимальной, чтобы минимизировать время заполнения пустот.

При этом она не должна быть такой значительной, чтобы возникла даже вероятность образования в закладочной скважине свода естественного равновесия, т.к. в этом случае произойдет закупорка скважины и дальнейшая подача сыпучего материала прекратится, а дорогостоящая закладочная скважина будет потеряна.

Условием, при котором исключаются предпосылки закупорки закладочной скважины дробленной горной породой является то, что через ее поперечное сечение в единицу времени должно проходить ровно столько закладочного материала, сколько его подается питательным устройством, т.е.

$$Q = j S V$$

где Q - производительность питательного устройства, $\text{м}^3/\text{с}$; j - коэффициент заполнения скважины, обычно принимаемый 0,35-0,5 [9]; S - расчетная площадь поперечного сечения закладочной скважины; V - скорость перемещения потока горной породы по закладочной скважине, $\text{м}/\text{с}$.

Из приведенных решений следует, что закладочный материал будет двигаться с ускорением, поэтому пропускная способность скважины будет увеличиваться от ее начала к устью скважины, что находится в районе выработанного пространства.

В связи с этим логично определять предельную пропускную способность закладочной скважины именно в ее начале.

Тогда расстояние, которое пройдет поток закладочного материала за единицу времени будет равен

$$\Delta L = V_0 t + 0,5 a t^2$$

С учетом того, что начальную скорость закладочного материала можно считать равной нулю, а также выше приведенных результатов аналитического описания процесса движения сыпучего материала, выше приведенная формула может быть приведена к следующему выражению

$$\Delta L = g (\sin \alpha - f \cos \alpha) \frac{t^2}{2}$$

Тогда за первую секунду своего движения в закладочной скважине поток сыпучего материала пройдет расстояние

$$\Delta L = 4,9 (\sin \alpha - f \cos \alpha) ,$$

где ΔL - расстояние, пройденное потоком сыпучего материала за первую секунду своего движения, $\text{м}/\text{с}$.

Тогда искомая производительность закладочного комплекса будет равна, ($\text{м}^3/\text{с}$)

$$Q = 4,9 (\sin \alpha - f \cos \alpha) j S$$

В соответствии с результатами работы [3], расчетная площадь сечения S закладочной скважины может быть определена по следующей эмпирической формуле

$$S = \frac{\pi}{4} (D - 1,5 d_{cp})^2 ,$$

где D - диаметр отверстия истечения, м ; d_{cp} - средний размер куска, м

На основании полученных выражения построены аналитические зависимости предельной производительности закладочной скважины от ее угла наклона (рис. 5) и диаметра (рис. 6).

При этом необходимо подчеркнуть, что определяемая производительность является теоретической.

Очевидно, что эксплуатационная производительность закладочных скважин будет существенно ниже, ввиду неизбежной потери времени на различные технологические операции не связанные напрямую с процессом закладки сыпучего материала.

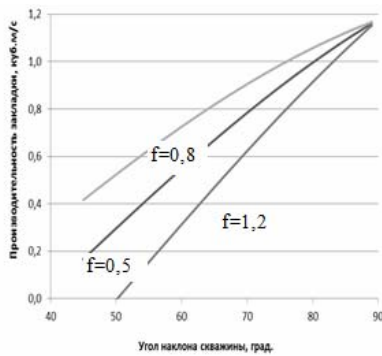


Рис. 5. Зависимость производительности закладочной скважины от ее угла наклона при различных значениях коэффициента внешнего трения

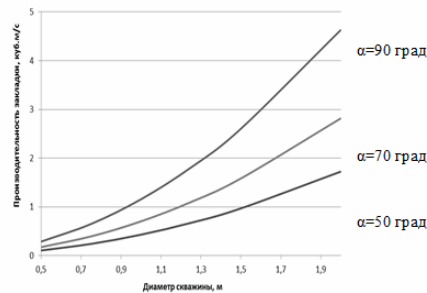


Рис.6 Зависимость производительности закладочной скважины от ее диаметра при различных значениях угла наклона

Из приведенных формул следует, что куски разного размера будут двигаться с разным ускорением, а значит, производительность закладочного процесса для различных фракций гранулометрического состава закладочного материала будет различна, а в целом будет зависеть от величины среднего куска закладочного материала.

Выводы и направления дальнейших исследований. Полученные теоретические зависимости позволяют определить максимальный и минимальный размер куска подаваемой в скважину дробленой горной массы, а также определить возможную теоретическую пропускную способность скважины в зависимости от ее диаметра и угла наклона. В дальнейших исследованиях планируется разработка технологических схем организации закладочных работ на площадках уступов карьеров.

Список литературы

1. **Перегудов Ю.В.** Анализ эффективности ведения открытых горных работ на крутопадающих месторождениях в зонах возможного обрушения// Гірничий вісник, 2013. – Вип.96. – Кривий Ріг : КТУ. – С. 49-54.
2. **Перегудов Ю.В.** Анализ геомеханических процессов и обеспечение безопасности совместной разработки месторождений в зоне возможного воронкообразования// Вісник Криворізького технічного університету, 2012. – Вип.30. – Кривий Ріг : КТУ. – С. 14-18.
3. **Вяткин А.П.** и др. Транспортабельность закладочных смесей по трубам в самотечно-пневматическом режиме. –М.: Цветметинформация, 1975, -37с.
4. **Андреев Е. Е., Тихонов О. Н.** Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению. — СПб., СПГТУ, 2007.
5. Пат. 2347616 РФ. Щековая дробилка двойного дробления/**А. Н. Петухов, П. С. Желобков, А. И. Дашкевич**; опубл. 27.02.2009, Бюлл. № 6.
6. Справочник по горнорудному делу. М.: Недра, 1983, - 816 с
7. **Саханов А.П.** Особенности и пути совершенствования самотечной закладки Кузбассе. –М.: Углетехиздат, 1958, - 51 с
8. **Воронков И.М.** Курс теоретической механики. М.: Гостехиздат, 1954
9. **Гячев Л.В.** Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах. М.: Машиностроение, 1968
10. **Барон Л.И.** Характеристики трения горных пород. М.: Наука, 1967, -208 с. ил.

Рукопись поступила в редакцию 17.02.14
УДК 622.1:622.831.3

О.В. ДОЛГІХ, канд. техн. наук, доц., Т.О. ПОДОЙНІЦИНА, ст. викладач
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ПРОБЛЕМИ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ МАРКШЕЙДЕРСЬКОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ЇЇ ПЕРЕДБАЧЕННЯ

Розглянуто питання використання теорії нейронних мереж при прогнозуванні величин деформацій, виходу провалів на денну поверхню від впливу підземних гірничих робіт. Для підвищення якості прогнозування на основі використання сучасних статистичних методів важливою задачею є якісна інтерпретація маркшейдерської інформації та її передбачення.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. Останнім часом з'являються нові легкі та надійні маркшейдерсько-геодезичні прилади. Зміни матеріальної бази

для виконання маркшейдерських робіт дозволяють зменшити час на польові та камеральні роботи, підвищити ступінь автоматизації та точність вимірювального і обчислювального процесів.

Аналіз досліджень та публікацій. Камеральна обробка маркшейдерських даних, завдяки програмним засобам Digitals, Credo DAT та іншим, що працюють на основі AutoCAD, значно спрощується. Маркшейдеру у більшості випадків непотрібно вибирати метод зрівнювання, довірчі інтервали й інші конкретні налаштування, які, звісно, є в «меню налаштувань». Для опрацювання більшості вимірів підходить їх стандартний набір, або параметри, які налаштовуються одноразово.

Постановка задачі. Але на протязі десятків років залишається актуальною задача інтерпретації даних. На теперішній час, навіть при укомплектуванні маркшейдерських служб гірничих підприємств, які виконують роботи по спостереженню за зсувами, приладами на порядок точнішими за ті, які вони мають, то в обробці вимірів істотних змін може не бути. Змінитися може те, що у величинах, наприклад, осадок, з'явиться ще одна цифра після коми. В одному випадку, це суттєво не може змінити результат прогнозування, в іншому – інколи десята частина міліметра, особливо коли це стосується дослідження великого масиву, може бути передвісником істотних процесів.

Викладення матеріалу та результати. Але на протязі десятків років залишається актуальною задача інтерпретації даних. На теперішній час, навіть при укомплектуванні маркшейдерських служб гірничих підприємств, які виконують роботи по спостереженню за зсувами, приладами на порядок точнішими за ті, які вони мають, то в обробці вимірів істотних змін може не бути. Змінитися може те, що у величинах, наприклад, осадок, з'явиться ще одна цифра після коми. В одному випадку, це суттєво не може змінити результат прогнозування, в іншому – інколи десята частина міліметра, особливо коли це стосується дослідження великого масиву, може бути передвісником істотних процесів.

Результатом досліджень є встановлення необхідності паралельно із класичними методами застосовувати інші, складніші та дорожчі, але найбільш логічні. Для цього важливим є створення сучасної системи інтерпретації даних. На рис. 1 наведено осадки реперів профілю за 11 років.



Рис. 1. Осадки реперів

ності (сезонні чи інші види деформацій), а друга – оцінювання величин деформацій за відхиленнями від загальної закономірності. В

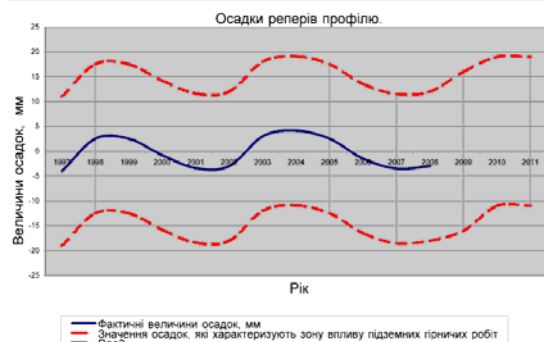


Рис. 2. Фактичні осадки реперів

З аналізу наведеного графіка осадок реперів можна зробити висновок про те, що у 2008 більш логічним було б очікувати значення осадки на рівні +1 мм, у 2009 – приблизно + 4 мм, у 2010 – + 4,5 мм. Такий логічний висновок не закріплений інструкцією, а у звітах за 2009-2012 роки слід було б очікувати такі величини деформацій.

Відомо, що спочатку необхідно визначити закономірність процесу деформацій, а потім – оцінювати величини деформацій. Отже, задача розпадається на дві частини: перша – визначення закономірності (сезонні чи інші види деформацій), а друга – оцінювання величин деформацій за відхиленнями від загальної закономірності. В задачі, що розглядається, найважливішим є передбачення інформації, яке більш успішно може вирішуватися за допомогою нейронних мереж і нечітких систем, порівняно з класичними методами, що використовуються (рис. 2).

Величини деформацій більші за 15 мм негативно впливають на споруди, спричиняють тріщини і інші негативні явища, але не впливають на безпеку і цілісність споруд.

Розглядаючи питання вибору ефективного методу прогнозування деформацій, необхідно проаналізувати пропонувані та загальноприйнятні методи та визначити, який з них може дати

більше даних для передбачення деформаційних процесів. Можна прийняти на рівні гіпотези,

що якщо будь-яка критична кількість реперів зазнає деформацій, що буде у протиріччі з загально визначеними положеннями, то можливо в надрах проходять процеси що можуть спровокувати, наприклад, стрімке обвалення масиву, так як це трапилось на шахті ім. Орджонікідзе, або інші непередбачувані процеси.

Для наведеного прикладу у 2009, 2010, 2011 рр. значення осадок – +1 мм, +4 мм, +4,5 мм відповідно, не перевищують допустимих значень і тому, при прогнозуванні їх не можна вважати передвісниками глобальних катастрофічних подій. У висновках за результатами спостережень небезпечних об'єктів необхідно розраховувати також вірогідність катастрофічних подій, таких як стрімке обвалення тощо.

З іншого боку, визначення закономірностей такого роду не є тривіальною задачею з явним рішенням. Цьому багато причин.

По-перше, складні процеси у надрах, іноді є причиною змінення загальної закономірності зсувного процесу, наприклад, зафіксовані випадки, коли закономірність осідання репера за 40 років, навіть при достатньо грубому візуальному оцінюванні, змінювалася 2, 3, а іноді і 4 рази, та при цьому ніяких катастрофічних явищ не траплялося;

По-друге, періодичність спостережень за реперами низька – від одного разу на рік до дванадцяти, що буває рідко. Розглянувши припущення, що якщо деформації між серіями спостережень мають лінійну залежність, то їх можна згустити, використавши лінійну інтерполяцію і тим самим збільшити передісторію. Але це не завжди дає вірний прогноз і може спотворити результати. Інший шлях вирішення це: підвищення кількості спостережень; застосуванням оптико-волоконних та інших автоматизованих систем, за допомогою яких можна отримати результати хоч на кожен день. Як зазначалося вище, якщо ці системи і були б впроваджені на таких об'єктах, то це не принесло б очікуваного ефекту через недосконалу системи інтерпретації цих даних.

По-третє, розташування реперів не завжди є оптимальним для прогнозування складних процесів у надрах, а закладання нових не дасть потрібного ефекту ще декілька років, поки не набереться достатня кількість статистичних спостережень.

Окрім зазначених причин, є труднощі наукового і технічного характеру, такі як:

визначення способу та детальності згладжування деформаційних графіків;

обчислення мінімальної та необхідної кількості попередніх спостережень і оцінка можливості прогнозування у випадку, коли даних недостатньо;

якщо моделювання виконується за допомогою нейронних мереж, то необхідно вирішити проблему їх перенавчання.

Інакше кажучи, необхідно, щоб нейронна мережа мала здатність узагальнювати результати для нових спостережень. У дійсності, мережа навчається мінімізувати помилку у навчальній множині, і під час відсутності ідеальної й нескінченно великої навчальної множини це зовсім не те ж саме, що мінімізувати «справжню» помилку на поверхні помилок у задалегідь невідомій моделі явища (Bishop, 1995).

Якщо мережа перенавчена, то створена модель вже не передбачує значення наступного циклу, а просто їх повторює, а це означає що втрачається сама головна перевага нейронних мереж – незалежність від будь яких моделей.

«Перенавчити» нейронну мережу та розглядаючи величини деформацій за період з 1997 по 2002 рік (рис. 3,4) і будуючи прогноз на 6 наступних років, отримаємо другі частини графіків ідентичними і дещо зміщеними. Як видно за величинами деформацій, які дійсно відбулися (пунктирна лінія), точність такого прогнозу низька.

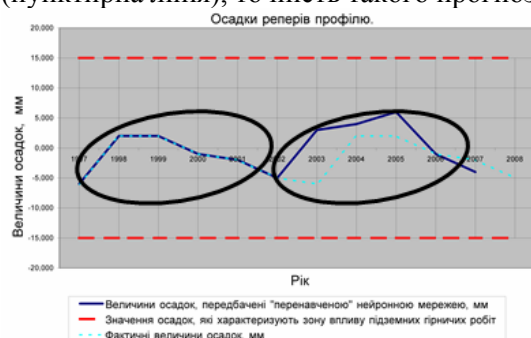


Рис. 3. Прогнозування осадок реперів (приклад 1)

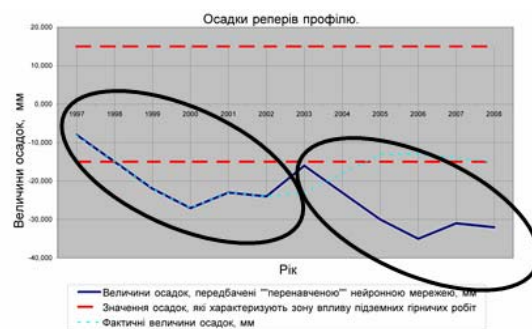


Рис. 4. Прогнозування осадок реперів (приклад 2)

Отже при прогнозуванні слід уникати занадто високого ступеня «підгонки» результату. В прикладах (див. рис. 3,4) є ще один недолік прогнозування такого типу деформацій – недостатня передісторія. Звісно, що маючи 6 циклів спостережень, неможливо побудувати прогнозовані значення шести наступних.

Практика показує, що при визначенні закономірностей зсувних процесів для одного і того самого об'єкту, репери, навіть однієї профільної лінії, мають різні закономірності. «Поведінка» деяких реперів добре характеризується простими лінійними закономірностями (рис. 5). Зрозуміло, що за принципами науковості, при інших однакових умовах, необхідно брати найпростіше. Тому у даному випадку слід або використати просту лінійну залежність, або оптимально настроїти нейронну мережу (вибрати мінімальну складність), щоб не «засмічувати» зайвими розрахунками.

Є приклади неявної закономірності (рис. 6). В таких випадках логічним буде не підбирати способи апроксимації «вручну», а одразу створювати нейронні мережі.



Рис. 5. Використання лінійної закономірності

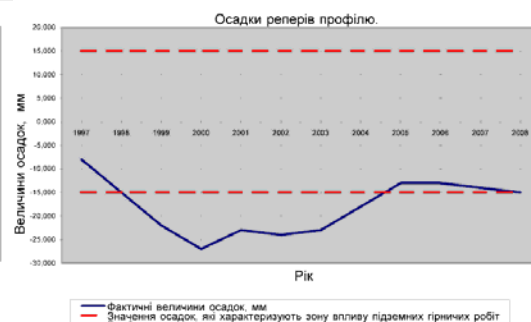


Рис. 6. Використання неявної закономірності

Важливою характеристикою будь-якого прогнозу є його довго строковість. Будь-який прогноз на досить тривалий час (в даному випадку на 6 років), створюється таким чином, що спочатку створюється прогноз на один рік, потім ці результати використовуються як вихідні дані при прогнозуванні на наступний рік. Звісно, що таким чином, похибка прогнозу збільшується за арифметичною залежністю.

Висновки та напрям подальших досліджень. Із зазначеного можна зробити наступні висновки:

без науково обґрунтованих параметрів побудови нейронних мереж для маркшейдерських даних, неминуче з'являться великі помилки через перенавчання або недостатнє навчання мереж;

для маркшейдерських даних, які є дуже специфічними, без наукового обґрунтування оптимального періоду, на який можна зробити прогноз, неможливе вирішення конкретних інженерно-технічних задач;

для вирішення кожного класу задач маркшейдерії, необхідно знати оптимальний та мінімально допустимий об'єм передісторії, так як кожна із задач, що вирішується, за структурою даних несхожа на іншу, це викликає необхідність мати надійні критерії, хоча б на кожен клас задач, що вирішується;

необхідно визначити, наскільки параметри, критерії тощо, що розроблені, наприклад, для економічної теорії, придатні до застосування в маркшейдерії.

Список літератури

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.
2. Калинина В. Н., Соловьев В. И. Введение в многомерный статистический анализ: Учебное пособие / ГУУ. – М., 2003. – 66 с.
3. Круглов В.В., Дли М.И. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. – М.: Физматлит, 2002.
4. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М., 2004.

Рукопис подано до редакції 12.03.14

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗНІМАЛЬНИХ РОБІТ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Показано шляхи автоматизації знімальних робіт, які можна застосовувати для підвищення ефективності маркшейдерського забезпечення гірничих робіт як частини управління технологічними процесами у кар'єрах. Обґрунтовано створення математичної моделі забезпечення, яка враховує тип та рівень автоматизації приладів та пристроїв.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На формування ефективної роботи гірничодобувного підприємства та собівартість кінцевої продукції впливають багато чинників. Такими чинниками є автоматизація найбільшої кількості технологічних процесів там де це економічно доцільно, та автоматизація процесів збору даних, зокрема маркшейдерського забезпечення робіт для здійснення контролю та управління технологічними процесами. Так, для маркшейдерського забезпечення за видобуванням існує багато різноманітних методик, приладів та пристроїв, як можна поділити на групи, що мають певний рівень автоматизації знімальних робіт. Проблема постає у виборі найбільш доцільної комбінації методик, приладів і науковому обґрунтуванні необхідної кількості персоналу для маркшейдерського забезпечення (з урахуванням рівня автоматизації та вимог нормативних документів), а також у підвищенні ефективності та оперативності контролю за стійкістю бортів, екскаваторними, відвальними та буро-вибуховими роботами.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз показав, що автоматизація маркшейдерського забезпечення робіт та впровадження сучасних технологій знімальних робіт є основним спрямуванням для підвищення ефективності управління технологічними процесами, роботи маркшейдерських служб та відділів, підвищення точності, оперативності, своєчасного реагування на відхилення від проектів, покращення умов праці маркшейдерів, культури ведення робіт і рівня безпеки праці.

Постановка завдання. Розробка родовищ корисних копалин пред'являє високі вимоги до точності, якості та оперативності маркшейдерського забезпечення технологічних процесів. Для того щоб відповідати цим вимогам, необхідно вибрати правильну модель забезпечення, яка перш за все включає вибір приладів та пристроїв.

Викладення матеріалу та результати. У теперішній час набувають найбільшої актуальності лазерні прилади з можливістю дистанційного керування шляхом радіозв'язку і передачі даних засобами *Wi-Fi*, *Internet* та *Bluetooth* технологій, при цьому область застосування охоплює спостереження за сейсмічними процесами у земній поверхні і забезпечення гірничих робіт. Обладнання для маркшейдерського забезпечення робіт може бути стаціонарним, мобільним та переносним.

Стаціонарні системи спостереження, що включають лазерні сканери, які встановлюють на спеціальні опори які можуть бути вмонтовані у інженерну споруду з якою передбачається вести спостереження або які встановлюють на постійно закріплених наземних спостережних станціях, де здійснюється безперервний контроль за зсувами земної поверхні. Такі системи повинні мати постійне джерело живлення та дистанційне керування шляхом дротового поєднання спостережної станції та управляючого комп'ютеру. Встановлення стаціонарних лазерних сканерів може бути виправданим за умов постійних важкопрогнозованих зсувів земної поверхні, з метою негайного реагування, запобігання руйнування техніки і людських жертв, у випадках коли не можливо повністю ізолювати зону небезпечного впливу або якщо є велика імовірність розповсюдження такої зони на більшу частину родовища. При цьому спеціально підібране та налаштоване програмне забезпечення дозволить службам диспетчеризації родовища своєчасно реагувати на відповідні сигнали про небезпеку і залучати спеціалістів.

Мобільне обладнання може бути: бортовим гідрографічним, повітряним *2D* і *3D*, автомобільним *2D* і *3D*. На сьогодні одним з найбільших виробників такого обладнання є компанія *Riegl*. Особливістю мобільних систем є принцип накопичення даних подібний до фотограмметричних методів, разом із відсутністю недоліків пов'язаних із спотворенням зображень у певній

частині об'єктиву, можливість мати одне цільне зображення замість багатой кількості фотознімків і порівняно більш точним визначенням перевищень між точками сканування, що робить цей метод таким, який може розглядатися альтернативним до аерофотознімання. Найбільшу ефективність повітряні сканери демонструють при зйомці ситуації з дуже складним рельєфом, тому використання доцільне для накопичення даних при створенні 3D області ведення гірничих робіт (кар'єрів і відвалів) або поверхні акваторії дна водосховищ і шламосховищ - для створення топографічних карт та планів місцевості будь-якої складності, у якості як контрольного заміру, так і мобільного спостереження за станом бортів кар'єру. Мобільні сканери за розмірами та конструкцією можуть бути для пілотних та безпілотних летальних апаратів (БПЛА). Характерними особливостями сканерів для БПЛА є спрощені конструкції, зменшена вага, дальність і швидкість роботи, разом з тим вони здатні виконувати всі ті ж задачі, які виконують їх відповідники для пілотованої техніки у менших обсягах і призначені для більш локального застосування у порівняно крупних масштабах. Використання БПЛА сканування може бути виправданим у місцях, де знаходження людини є неможливим, негативно впливає на ведення гірничих робіт або є небезпечним, з метою підвищення ефективності маркшейдерського забезпечення робіт: в зонах активного воронко-утворення, великого скупчення техніки і машин безпосередньо задіяних у технологічних процесах, у місцях падіння гірничої маси у результаті роботи екскаваторів і бульдозерів, для зменшення пересувань знімальних бригад по території кар'єру.

Переносні лазерні прилади використовуються для повсякденних нужд маркшейдерії. Для них характерна невелика вага (разом з кейсом до 10 кг) та можливість переносу для встановлення на місцевості, що потребує проведення певного забезпечення у якості знімальних робіт або виносу у натуру. Такими приладами виступають електронні тахеометри, переносні лазерні сканери, лазерні рулетки, лазерні нівеліри, при чому останні два класи приладів не є предметом даної статті. Через відносну простоту використання, доступність, порівняно низьку вартість та оперативність роботи тахеометри є найбільш розповсюдженими для проведення будь-яких видів маркшейдерських робіт у глибоких кар'єрах по відношенню до інших вимірювальних пристроїв.

Електронні тахеометри за рівнем автоматизації можна розділити на 3 групи. До першої групи можна віднести класичні тахеометри, що мають базовий рівень автоматизації, прості обчислювальні модулі та програмне забезпечення, і можуть не мати вбудованих *Bluetooth* та *Wi-Fi*. За класами точності: точні і високоточні, можуть вимірювати відстань по призмі до 2.5-5 км і до 150-500 м у безпризмовому режимі (в залежності від моделі). До цього класу можна віднести *SOKKIA SET, CX, FX, NET; TOPCON GPT, GTS; Trimble TS* та інші. Для роботи з приладами цієї групи у більшості випадків необхідна бригада, що складатиметься мінімум з двох осіб: одна оператор тахеометру, інші - для фіксування ситуації у полі. Використання електронних тахеометрів цієї групи є актуальним при помірній активності просування гірничих робіт, групуванні екскаваторів на певних ділянках кар'єру, невеликому проміжку часу що необхідний для пересування і достатньої кількості персоналу для здійснення маркшейдерського забезпечення (недостатня кількість може бути обумовлена хворобами або відпустками певних спеціалістів), а збільшення активності робіт або значне збільшення часу на пересування по кар'єру у випадку використання тахеометрів цієї групи передбачає збільшення штату маркшейдерської служби родовища або підприємства.

До другої групи можна віднести безпосередньо роботи-тахеометри з наявним серводвигуном, системою пошуку призми, можливістю дистанційного керування. Важливими характеристиками, що відрізняють їх від першої групи - це можливість здійснення робіт з мінімальною дозволеною кількістю персоналу, відстань на якій можна здійснювати дистанційне керування, при чому можливість зменшити кількість персоналу для проведення зйомки або виносу у натуру не має негативного впливу на точність і якість робіт, хоча іноді може мати негативний вплив на оперативність. Представниками групи виступають *SOKKIA SX, SXR; Trimble S, RTS* та інші подібні до них. Більша частина з цих приладів здатна завдяки вище зазначеним технологіям *Bluetooth* і *Wi-Fi* оперативно передавати інформацію на комп'ютер для контролю та подальшої обробки даних. Використання таких тахеометрів доцільно при періодично тимчасовій або постійній високій активності ведення гірничих робіт і при підвищених вимогах до маркшейдерського забезпечення при незмінній кількості людино-годин, що на нього витрачаються. Так, використовуючи два роботи- тахеометри, розташованих на відповідних станціях для забезпечення

однієї ділянки місцевості, можна покрити значну площу, виконуючи роботу бригадою, що складається з двох осіб. А у випадку, коли необхідний винос у натуру можна залучити до маркшейдерського забезпечення неспеціалістів з метою збереження рівня безпеки праці, при цьому безпосередньо винос буде здійснювати лише одна особа.

До третьої надсучасної групи належать роботи-тахеометри з функцією сканування місцевості. По суті такий пристрій являє собою комбінацію електронного тахеометра і лазерного сканера, що робить його універсальним, спроможним виконувати цикл геометричних вимірювань, доцільність та область використання збігається з другою групою автоматизації, що доповнена можливістю з високою точністю вести спостереження за стійкістю бортів, вивчати сейсмічні процеси земної поверхні та точно встановлювати коефіцієнт розпушення при веденні буровибухових робіт, визначати об'єми гірничої маси, що перемістилися за рахунок вибуху. Тахеометри 3-ї групи рівня автоматизації є найбільш універсальними і високотехнологічними. Їх використання буде виправдане у разі активного ведення гірничих робіт при наявності небезпечних зсувів гірських порід на певних ділянках родовища, що потребують детального та своєчасного фіксування і вивчення, з метою забезпечення якісного управління технологічними процесами, культури та безпеки праці, відповідного рівня точності і оперативності. До групи належать *TOPCON IS*, *Trimble VX* і подібні до них. Треба зазначити, що у режимі сканера прилад працює у значно меншому діапазоні відстаней, в залежності від моделі в середньому досягає від 1-го до 250 м. Усі моделі мають функції пошуку призми та дистанційного керування.

Можливість сканування місцевості з великою щільністю дозволяє не знаходитися на небезпечних ділянках, що потребують фіксування даних ситуації або проводити маркшейдерське забезпечення таким чином, що не гальмує і не призупиняє технологічні процеси на час проведення маркшейдерської зйомки.

Тепер розглянемо переносні лазерні сканери. Технології лазерного сканування є останніми розробками в сфері маркшейдерії і картографування, основним призначенням мають накопичення великої кількості даних про ситуацію за короткий час для створення точної тривимірної моделі інженерних споруд, рельєфу та ситуації місцевості. Завдяки спеціальному програмному забезпеченню можливо створювати та поповнювати моделі, вивчати навіть незначні зміни у порівнянні з попередніми даними, та адекватно реагувати на відповідні зміни: зсуви рельєфу, воронко-утворення, просідання та порушення геометрії споруд, виникнення мікротріщин та деформацій. Треба підкреслити здатність сканерів фіксувати усі вище зазначені елементи під водою, що робить їх також перспективними для використання на шламосховищах. Представниками виступають *Riegl VZ*, *Leica HDS*, *C* та інші.

Через наявність такої кількості сучасних приладів, що мають різний рівень автоматизації, а більшість з них має широку сферу можливого застосування виникає необхідність створення математичної моделі і розрахункових формул, що дозволять визначати кількість необхідного персоналу та приладів для здійснення маркшейдерського забезпечення, які будуть враховувати не тільки фізичні параметри родовища, кількість та якість транспорту на якому переміщуються працівники, об'єми видобутку і буровибухових робіт але і рівень автоматизації та тип обладнання, яке передбачається використовувати на відповідному родовищі. Без такої моделі може бути вибрано обладнання, що перевищує потреби виробництва, або навпаки характеристики не є достатніми для ефективного забезпечення маркшейдерських робіт та функціонування системи управління технологічними процесами. Обґрунтування використання певного виду та кількості маркшейдерських приладів та оснащення є важливою складовою частиною при формуванні ефективної системи управління технологічними процесами, у якій не останню роль відіграє маркшейдерське забезпечення робіт. Також слід врахувати можливість комбінованого використання пристроїв з різним рівнем автоматизації, що дасть змогу зменшити економічні витрати або розширити функціонал одних пристроїв іншими заповнюючи певні недоліки або неефективність у виконанні певного виду робіт. Так, сканер буде більш ефективним при спостереженні за стійкістю бортів кар'єру, у той час коли електронний тахеометр дасть змогу з необхідною точністю здійснювати винос у натуру. Таким чином при маркшейдерському забезпеченні гірничих робіт можна використовувати, сканер для вирішення знімальних задач на невеликі відстані, там де потрібна велика щільність знімання (зйомка масиву у цілику та у розпушеному вигляді), роботизований тахеометр для виносу точок у натуру та зйомки відвалів, а у місцях де

відбуваються постійні зсуви поверхні і неможливо закріпити надійну точку, використовувати GNSS технології для визначення координат станцій.

Можливість здійснення робіт однією людиною завдяки автоматизованим технологіям не є універсальною. Більшість роботів-тахеометрів не спроможні на дистанційне керування на відстані більше 200-300 м, тому чинник виконання робіт за межами зазначених відстаней і частота виконання таких робіт повинен бути врахований при побудові моделі маркшейдерського забезпечення управління технологічними процесами, що безпосередньо буде впливати на кількість необхідного персоналу, доступний час для здійснення поставлених задач не завдаючи шкоди оперативності отримання даних, обробці результатів, вибору оптимального комплексу обладнання для усіх маркшейдерських служб та відділів підприємства.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Рівень оснащення, кількість та тип обладнання, яке передбачається для здійснення маркшейдерського забезпечення буде впливати на кількість спеціалістів, які потрібні для ефективного функціонування системи управління технологічними процесами, а вибір і комбіноване використання приладів потребує створення математичної моделі функціонування такої системи, що дозволить обрати найбільш доцільну конфігурацію яка буде складатися з оптимальної кількості та типу приладів, програмного забезпечення до них, можливості залучення служб диспетчеризації для спостереження за процесами небезпечних зсувів гірничих робіт та відповідної кількості персоналу яка необхідна для ефективного функціонування маркшейдерського забезпечення. Таке забезпечення базується на більш глибокому вивченні впливу рівня його автоматизації, впливу цього рівня на якість і оперативність, що приведе до створення моделі функціонування, яка буде враховувати усі описані параметри.

Список літератури

1. zakon2.rada.gov.ua [Електронний ресурс] : Інтернет-портал. Закон України. - К. : Верховна рада України, 1991-2014. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1127-14>. - Назва з екрану.
2. Инструкция по производству маркшейдерских работ. М.: Недра, 1987. 240с.
3. Долгих Л.В., Долгих О.В. Перспективный напрям автоматизації робіт маркшейдерського забезпечення кар'єру. Сборник научных трудов 2005-2006 г.г., „Научное обеспечение развития горнорудных предприятий на современном этапе”, - Кривий Ріг: ГП НИГРИ, 2006. с. 149-157.
4. Інтернет ресурс:[http:// www.ostenrieder.de/ media/file/ Articles/ Terrestrial%20Laser% 20Scanning%20for% 20Applications%20in%20Surfac% 20Mining%20.pdf](http://www.ostenrieder.de/media/file/Articles/Terrestrial%20Laser%20Scanning%20for%20Applications%20in%20Surfac%20Mining%20.pdf)
5. Інтернет ресурс: <http://lagf.org/2012/proceeding/Werner.pdf>

Рукопис подано до редакції

УДК 622.1: 622.216

П.И. ФЕДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф., А.В. ПЕРЕМЕТЧИК, канд. техн. наук, доц.,
Т.А. ПОДОЙНИЦЫНА, старший преподаватель, Криворожский технический университет

ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И ПЛАНИРОВАНИЕ ДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассмотрена проблема перспективного и текущего планирования добычи железных руд на основе разработанного горно-геометрического метода прогнозирования качественных показателей железорудных месторождений. В качестве математического обоснования принимается система уравнений многомерного случайного геохимического поля, реализованная в виде многомерного эвристического алгоритма прогнозирования.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В период эксплуатации месторождения производят перспективное и текущее планирование горных работ. Основой их, как и на этапе проектирования горного предприятия, является комплекс горно-геометрических графиков.

Перспективное планирование добычи полезного ископаемого используется, как правило, при составлении прогнозных планов развития добычных работ на квартал, полугодие, год, три, пять и более лет. От правильно запланированного развития горных работ, учитывающего размещение качества и сортность руды в недрах, зависит рациональная разработка месторождения с минимальными потерями и разубоживанием полезного ископаемого. Обогажительные, агло-

мерационные, окомковательные фабрики и доменные печи приспособлены к переработке однородного сырья и не приспособлены к частому изменению режима работы. Поэтому необходимо как можно более длительно подавать однородное сырье, а это всецело зависит от правильно запланированной программы развития горных работ.

Качество и технологические показатели полезного ископаемого не остаются постоянными на площади распространения месторождения. Они меняются по числу и степени проявления. Правильный учет этих факторов, установление зон и участков проявления каждого из них имеет исключительно большое практическое значение для перспективного планирования.

Ежегодно на горнорудных предприятиях составляются годовые программы горных работ, на основании которых утверждаются плановые показатели деятельности предприятия.

Одним из важнейших элементов программы горных работ является установление не только средних значений, но и размещение их в пространстве залежи, в данном случае в контурах годовой отработки.

Это необходимо не только для правильного определения количества руды и концентрата с заданным качеством, но и для правильного планирования развития горных работ в целях равномерного снабжения перерабатывающих цехов рудой определенного состава, в целях выбора наиболее выгодных схем развития очистных работ, транспортных схем и т. д., в целях сокращения потерь и снижения разубоживания. Для перспективного планирования на год, полугодие, квартал используются как прогнозные технологические планы типов руд, так и качественные горно-геометрические планы в изолиниях средних содержаний. В контурах годовой отработки геологической службой рудника оконтуриваются блоки примерно равного среднего значения по скважинам и пробам, входящим в контур блока того или иного показателя.

Далее определяют среднее значение показателя в каждом блоке и среднее из всех блоков, слагающих годовую контур.

Планирование годовой программы добычных работ осуществляют по данным эксплуатационной разведки, без заполняющих ее и в большинстве опробуемых взрывных скважин. При интенсивной отработке месторождения не всегда удается выдержать принятые параметры разведочной сети. Поэтому остаются участки, которые либо вовсе не имеют разведочных скважин, либо имеют их, но недостаточно. В таких случаях на эти участки составляется прогноз размещения качественных показателей.

Текущее планирование добычи с заданным содержанием компонента исходит из перспективного, является его уточнением, конкретизацией на месте. При этом по наличию более детальной информации о месторождении исправляют неточности, допущенные при долгосрочном планировании. Основой его является составление месячных, недельных и ежесуточных шихтовочных планов, которые составляются геологической службой горного предприятия по данным геологических качественных планов, массового опробования и непосредственного осмотра рудного забоя. В плане работ на месяц детально определяют блоки для добычи, их качественную характеристику и экскаваторы, которые должны работать в этих блоках.

Анализ исследований и публикаций. В качестве примера приведем методику управления качеством отгружаемых руд на обогатительные фабрики ОАО «ЮГОК». Она включает в себя следующие, приведенные ниже основные виды работ и организационно-технические мероприятия.

Получение исходных данных по качеству руд: опробование взорванной горной массы и забоев карьера для текущего планирования. Годовой объем опробования 400-500 проб. Этому виду опробования предшествует выделение, привязка (оконтуривание) и документация технологических разновидностей руд по всему фронту работ экскаваторов. Этот вид работ выполняет геологическая служба рудника; опробование сливов классификаторов. Отбор проб по секциям выполняет через 2 часа ОТК комбината. Периодическое контрольное опробование сливов классификаторов геологическими службами рудника и управления комбината.

Планирование качественных показателей: составление годовых программ развития горных работ с учетом обеспечения фабрик рудой планового качества, а также усреднения руд по технологическим типам, обоснованное математической статистикой. Выполняет технический отдел комбината, рудника, геологическая и маркшейдерская службы; планирование объемов и качества добываемой руды на месяц согласно годовой программы. Этот вид работ выполняет технический отдел, геологическая и маркшейдерская службы рудника; составление недельно-

суточных графиков работы экскаваторов до данным эксплуатационной разведки и опробования взорванной массы. Поскольку фактическое суточное и сменной продвижение экскаваторов расходится с плановым, составляются также сменные заявки, которые корректируют недельно-суточный график на основе положения экскаваторов и качественной характеристики их забоев на начало каждой смены. Выполняют производственный и геологический отделы рудника.

Анализ выполнения качественных показателей, подразделяющиеся на: ежемесячные и ежеквартальные анализы работы предприятия на совещаниях при генеральном директоре (главном инженере) комбината; анализ выполнения плановых показателей добычи руды на ежедневных освещениях проводимых главным инженером (директором) комбината.

Оперативный контроль качества отгружаемой руды, состоящий из: контроля выполнения недельно-суточных графиков подачи руды на фабрики. Этот вид работ осуществляет производственный отдел и геологическая служба комбината; контрольного опробования фабрик и забоев карьера, выполняющегося совместно геологической службой и ОТК комбината; контроля работы экскаваторов в сложных забоях (геологическая служба рудника).

Постановка задачи. Видно, что основой для полноценного управления качеством руды, отгружаемой на РОФ, для рационального освоения месторождения, является знание характера размещения качественных показателей месторождения. Эксплуатационная разведка ведется только на основе опробования взорванной массы, и, следовательно, не способна уточнить данные детальной разведки с целью выявления характера размещения качественных показателей на еще не отработанных участках. Все это требует использования специальной методики прогнозирования.

Изложение материала и результаты. Предложенный по результатам исследований горно-геометрический метод прогнозирования качественных показателей железорудных месторождений был проведен с последующим его использованием на карьере ОАО «ЮГОК».

Эксперимент проводился в пределах осей 80 – 108 по простиранию и 89 – 109 в крест простирания горизонтов – 165 – 180 м, – 180 – 195 м и – 195 – 210 м, что соответствует геологическому участку 1. Геологический участок 1 расположен в северо-восточной части месторождения, его южной границей является зона окисления пород. В структурном отношении он представляет собой восточное крыло синклинали структуры залежи. 1-й участок ограничен с востока Тарапаковским разломом, а западная его граница совпадает с границей месторождения.

Участок характеризуется выдержанным залеганием пород, слабым развитием складчатых нарушений. Породы падают в северо-северо-восточном направлении под углом 10-30°, т.е. согласно с общим погружением структуры месторождения.

В южной части участка, т.е. при переходе кварцитов четвертого железистого горизонта в сланцы четвертого сланцевого горизонта проявляется ряд открытых складок, размеры и положение кою отчетливо проявляется на карте месторождения чередующихся выходов сланцев (антиклинали) и кварцитов (синклинали).

Исходная геологическая информация была получена с погоризонтных планов горных работ масштаба 1:1000. Эксплуатационная разведка велась по опробованию взорванной массы. При этом использовались участки опробования неправильной формы и различных размеров. Размеры участков в поперечнике колебались от 20 до 50 метров. В качестве аргументов используемых для прогнозирования по методике многомерного эвристического алгоритма прогнозирования (МЭАП) [1] были взяты содержания железа общего и железа, связанного с магнетитом по скважинам детальной разведки, а также планово-высотные координаты центров участков опробования. Скважины детальной разведки также пробурены по нерегулярной сети опробования. Межскважинные расстояния составляют от 50 до 200 метров. С помощью крайгинга были построены изолинии содержаний $Fe_{общ}$ и Fe_{mt} в межскважинном пространстве. Методы крайгинга детально реализованы в электронном пакете SURFER. В данном случае использовался пакет SURFER 7.04. В этом же вычислительном пакете в центре каждого участка опробования по взорванной массе было определено значение $Fe_{общ}$ и Fe_{mt} , исходя из имеющейся электронной модели изолиний. Все полученные значения были сведены в электронные таблицы, что стало основой для построения прогнозной функции по методике МЭАП. При этом на каждом этапе построения прогнозной функции степень доверия вычисленным по ней результатам была пропорциональна обратному расстоянию от центра участка опробования по взорванной массе до ближайшей скважины детальной разведки, так как чем больше это расстояние, тем больше

ошибка интерполирования. Таким образом, результаты построения функции, имеющие большую точность, имели больший приоритет при оценивании качества построенной прогнозной функции.

На базовой совокупности исходных данных были определены зависимости содержания Fe_{mt} во взорванной массе от содержаний $Fe_{общ}$ и Fe_{mt} , определенных по скважинам детальной разведки, и от планово-высотных координат точек. Затем по методике МЭАП были получены уравнения прогнозных функций.

Как видно из найденных зависимостей, имеет место зависимость содержания железа, связанного с магнетитом во взорванной массе от содержания железа, связанного с магнетитом по данным опробования скважин детальной разведки, так как из всех аргументов, участвовавших в процедуре МЭАП, значимые числовые коэффициенты были определены только для этой величины. Наличие двух функциональных зависимостей говорит о том, что в процессе вычислений на рассмотренном участке были выделены два типа руд, имеющих различные свойства.

Нахождение и группировка участков, соответствующих по своим свойствам этим зависимостям на моделируемой совокупности данных были произведены по процедуре МЭАП. При этом данные содержаний по скважинам детальной разведки были проинтерполированы на узлы квадратной сетки 50×50 м. Интерполирование производилось в электронном пакете SURFER по процедуре крайгинга. По процедуре МЭАП в узлах квадратной сетки были найдены прогнозные значения содержаний железа, связанного с магнетитом во взорванной массе. В пакете SURFER по процедуре крайгинга эти значения были проинтерполированы, что явилось основой для перспективного планирования. На основе интерполирования были построены планы изолиний прогнозного содержания магнетитового железа в масштабе 1:2000. Высота сечения была принята исходя из масштаба плана, сложности гипсометрии, изменчивости показателя, требований технологии и составила 0,5% содержания. Получение прогнозных данных для текущего планирования производилось методом уточнения полученной электронной модели согласно данных эксплуатационной разведки в точках, пространственное положение которых определялось, исходя из производственных нужд, и имело нерегулярный характер.

Относительная погрешность прогноза значения содержаний железа, связанного с магнетитом во взорванной массе по разработанному способу для нужд перспективного планирования не превышает 6,8%.

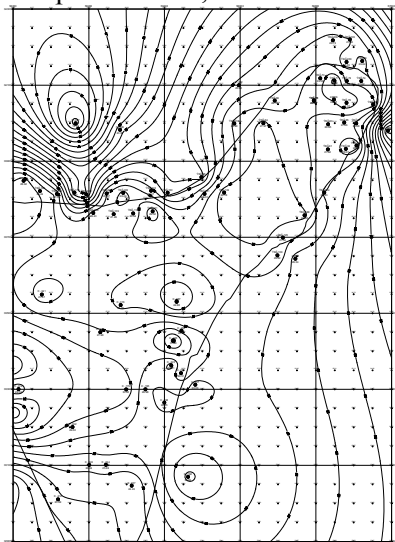


Рис. 1. План изолиний прогнозного содержания магнетитового железа гор. – 180 – 195 м карьера ЮГОКа

Положительные результаты прогноза на рассмотренном участке послужили основой для использования разработанных методов на других участках карьера ОАО «ЮГОК».

Технико-экономической оценкой установлено, что, в результате повышения точности прогнозов, необходимых для перспективного и текущего планирования, коэффициент потерь руды на рассматриваемых участках месторождения в среднем снизился на 0,03%. Также коэффициент засорения руды в среднем снизился на 0,03.

Выводы и направление дальнейших исследований. На основании разработанных теоретических принципов многомерной геометризациии доказана возможность улучшения эффективности прогнозирования качественных показателей железорудных месторождений, и рационализации их освоения.

Высокая эффективность прогнозирования может быть обеспечена использованием в качестве модели месторождения многомерного случайного геохимического поля, математически реализованной с помощью многомерного эвристического алгоритма прогнозирования.

Список литературы

1. **Переметчик А.В.** Разработка эвристического алгоритма прогнозирования геологических показателей месторождений полезных ископаемых // Разработка рудных месторождений: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – Кривой Рог: КТУ. – 2004. – Вып. 85 – С. 194 – 200.
2. **Букринский В.А.** Геометрия недр: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. Рукопись поступила в редакцию 14.03.14

Н. В. ШОЛОХ, канд. техн. наук, доц., М. П. СЕРГЕЕВА, старший преподаватель
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Приводится эффективность внедрения и направления развития системы обработки автоматизированной маркшейдерско-геологической информации на различных горнодобывающих предприятиях на основе компьютерных технологий.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Построение рациональной структуры системы обработки маркшейдерско-геологических данных при управлении качеством полезного ископаемого с применением компьютерных технологий требует рассмотрения ряда аспектов проблемы. Решение функционального аспекта, что отражает взаимосвязь процессов управления по уровням производства, фазам и периодам управления определяет выбор состава комплексов функциональных задач. Информационный аспект предусматривает создание и актуализацию динамической системы накопления и движения первичных и производных данных. Организационно-технический аспект связан с обоснованием рационального уровня автоматизации обработки информации, выбору технических средств и вариантов их использования.

Сложность геолого-геоморфологических и горных условий разрабатываемого месторождения железистых кварцитов Кривбасса открытым, подземным или комбинированным способами - геологического строения и вещественного состава, организационно-технологической структуры разведки при добыче, процессов формирования рудопотоков и качества полезного ископаемого - определяет существенные различия в объеме и составе переработанной информации, методах и содержании решаемых задач на горнодобывающих предприятиях. Поэтому главным условием эффективного развития систем обработки маркшейдерско-геологических данных является обеспечение методической, функциональной и информационной совместимости задач различных уровней, фаз и периодов управления на основе единых принципов их организации для горнодобывающих предприятий Кривбасса.

Анализ исследований и публикаций. Детальный анализ работ по созданию автоматизированных систем обработки информации, управления технологическими процессами и производством показывает, что наиболее эффективные результаты можно достичь двумя путями: максимальной типизации общесистемных решений и созданием максимального количества стандартных алгоритмических модулей. Задача типизации и унификации заключается в определении структуры системы на основе анализа объекта управления, создании типовых проектов системы для горнодобывающих предприятий со стандартных агрегатов с практической настройкой функциональной части систем на базовых горнодобывающих предприятиях и с последующим тиражированием этих систем для однородных объектов. При этом создание типовых модулей позволяет в каждом конкретном случае формировать (генерировать) необходимую структуру системы в зависимости от специфики горнодобывающих предприятий.

Постановка задачи. В результате обследования и анализа действующей системы обработки маркшейдерско-геологических данных на горнодобывающих предприятиях по добыче полезного ископаемого открытым, подземным или комбинированным способами ее декомпозиции по функциональной, временной, производственно-технологической, ресурсной и других признаках определены единые принципы выделения различных элементов системы и формирование структуры автоматизированной обработки информации. Установлена также необходимость централизации решения маркшейдерско-геологических задач в рамках самостоятельной функциональной системы.

Изложение материала и результаты. Функционирование маркшейдерско-геологической системы управления качеством добываемого полезного ископаемого на единой математической, методической, информационной и технической основе обеспечивает возможность автоматизации обработки информации о качестве полезного ископаемого на всех уровнях управле-

ния и этапах формирования качества полезного ископаемого. Поэтому маркшейдерско-геологическое управление качеством полезного ископаемого можно рассматривать как процессы обработки соответствующей информации при принятии решений в контурах генерального, перспективного, текущего и оперативного управления. Тогда экономический эффект, создаваемый внедрением автоматизированной системы обработки маркшейдерско-геологической информации, будет представлять собой определенную часть общего эффекта АСУП и комплексной системы управления качеством полезного ископаемого на горнодобывающем предприятии [1,2].

Структура экономического эффекта от внедрения в производство автоматизированной системы обработки маркшейдерско-геологической информации предопределена составом решаемых задач и их спецификой. Состав показателей, характеризующих источники экономической эффективности, связан с приведением в действие различных резервов производства при внедрении маркшейдерско-геологических задач, которые образуют следующие обособленные группы по факторам повышения эффективности:

Задачи, обеспечивающие оптимизацию проектирования и планирования горных работ (геостатистическая оценка качества полезного ископаемого в недрах, автоматизированная геометризация, прогнозирование качества полезного ископаемого по направлениям развития горных работ и др.).

Задачи, связанные с повышением уровня и стабильности качества полезного ископаемого за счет совершенствования статистического контроля, анализа и регулирования (прогнозирование качества полезного ископаемого по уровням формирования, статистическое регулирование, расчета кондиций и стандартов на качество полезного ископаемого).

Задачи, обеспечивающие условную экономию затрат от снижения расходов по обслуживанию производства за счет сокращения объемов ручных камерально-вычислительных, горнографических и горно-маркшейдерских работ, ускорения процессов поиска, сортировки, представления данных на основе использования информационных моделей месторождения, рудного тела или его участка (планирование и учет изменения балансовых запасов полезного ископаемого, моделирование горно-геологических объектов).

Решение маркшейдерско-геологических задач направлено на информационное обеспечение процессов управления качеством полезного ископаемого. Поэтому совершенствование этого информационного обеспечения, достигаемое за счет автоматизации обработки данных, выражается в повышении ее ценности - полноты, точности, достоверности и оперативности [3].

Эффективность задач маркшейдерско-геологического обеспечения оптимального проектирования и планирования горных работ, совершенствования технологического контроля и регулирования качества полезного ископаемого может быть оценена точностью их решения, полнотой и достоверностью информации, т. е. показателями, повышающими надежность оценки объемно-качественных параметров балансовых запасов полезного ископаемого и соответственно надежность проектирования, планирования и регулирования добычных работ.

Повышение точности и оперативности получения маркшейдерско-геологической информации приводит к более эффективному решению основных задач горного производства по управлению качеством полезного ископаемого, обеспечению ритмичности выполнения плановых заданий, увеличению выпуска товарной рудной продукции и концентрата, улучшению их качества, а также к снижению себестоимости добычи и переработки полезного ископаемого.

Эффективность маркшейдерско-геологического управления качеством добываемого полезного ископаемого в значительной степени определяется тем, насколько уровень автоматизации решения задач и организационные формы использования вычислительной техники соответствуют размерам и структуре предприятия, его горно-геологическим особенностям, условиям формирования рудопотоков и качества полезного ископаемого, объемам перерабатываемой информации. Это обуславливает затраты на создание и внедрение системы, возможность получения в итоге определенного экономического эффекта на горнодобывающем предприятии. Комплексный показатель сложности маркшейдерско-геологического управления может служить основой для определения рациональных параметров автоматизированной системы обработки информации (рис. 1).



Рис.1. Направление развития автоматизированной обработки маркшейдерско-геологической информации на различных горнодобывающих предприятиях

По структуре система обработки информации может быть одно-, двух- или трехстадийной в зависимости от того, обеспечивает она только стадию эксплуатации либо охватывает также проектирование и предпроектную стадию. Одностадийные системы целесообразно создавать на действующих горнодобывающих предприятиях. Они предназначены для обработки маркшейдерско-геологической информации, получаемой при эксплуатационной разведке месторождения, рудного тела или его участка в результате эксплуатационного опробования и документации. Двухстадийные системы предусматривают обработку информации, используемой при проектировании и эксплуатации горнодобывающих предприятий. Наиболее сложные - трехстадийные системы позволяют организовать обработку всей геологоразведочной и горной графической маркшейдерской информации, получаемой на горнодобывающих предприятиях, начиная со стадии детальной разведки.

По уровню функционального развития системы могут быть локальные, комбинированные и комплексные. Первые включают задачи только какого-либо одного из функциональных комплексов. В первую очередь целесообразно создавать их для обеспечения функции учета состояния и движения балансовых запасов и качества полезного ископаемого, требующей переработки большого объема первичной информации.

Комбинированные системы, являясь переходными от локальных до комплексных по степени функционального развития, включают задачи двух-трех комплексов, решаемые на единой информационной базе.

В комбинированных системах комплексы представлены частично только первоочередными задачами, эффективно реализуемыми на компьютерных технологиях. Наиболее развитые комплексные системы содержат задачи, реализующие все функции маркшейдерско-геологического обеспечения горных работ горнодобывающего предприятия. Локальные системы всегда являются одностадийными, комбинированные и комплексные системы могут быть двух- и трехстадийными.

Системы существенно отличаются составом решаемых задач. В наиболее простых системах задачи моделирования горно-геологических объектов, планирования и учета изменения балансовых запасов полезного ископаемого решаются традиционными методами.

Применение компьютерных технологий способствует сокращению объема ручных камерально-вычислительных и маркшейдерских горно-графических работ, повышению оперативности получения данных. Более сложные системы включают задачи, решаемые на основе модифицированных математических методов (автоматизированная геометризация, геостатистическая оценка качества полезного ископаемого балансовых запасов в недрах) и позволяющие повысить как оперативность, так и точность итоговой информации. Наиболее развитые и эффективные системы включают принципиально новые задачи прогнозирования качества полезного ископаемого по уровням формирования рудопотоков, статистического анализа, контроля и регулирования качества полезного ископаемого в балансовых запасах.

Включение их в состав системы повышает точность информации, обеспечивает ее полноту, создает реальную основу для оптимизации проектных и плановых технологических решений. Системы, состоящие из задач, которые решаются традиционными методами, могут быть только локальными. Системы с принципиально новыми задачами и задачами, решаемыми модифицированными методами, могут быть как локальными, так комбинированными и комплексными.

Степень полноты системы по составу задач, применяемые методы их решения определяют уровень информационного развития системы. В этом отношении системы задач, реализующих традиционные и модифицированные методы, могут быть созданы на основе простых моделей. Системы с принципиально новыми задачами должны строиться на основе иерархических моделей. Это определяет общий уровень автоматизации обработки данных. Построение систем на основе простых моделей не требует интеграции обработки данных. Системы, использующие, иерархические модели, должны быть построены на основе банка данных.

Анализ направлений развития автоматизированной системы обработки горной графической маркшейдерско-геологической информации позволяет для горнодобывающих предприятий различных групп сложности уже при проектировании обосновать структуру системы (рис. 1).

Для горнодобывающих предприятий, относящихся к группам простых и средней сложности, рекомендуется создавать одностадийные системы локального функционального назначения, предусматривающие использование модифицированных и традиционных методов решения задач на основе первичных моделей.

Такие частично автоматизированные системы с разовым вводом и использованием информации можно реализовать с использованием компьютерных технологий. Для предприятий сложных и очень сложных целесообразно создание завершенных по стадиям формирования качества (двух- и трехстадийных) систем, комплексных и комбинированных по степени функционального развития, включающих принципиально новые задачи, с решением их на базе иерархических информационных моделей. Такие системы должны быть построены на основе банков данных с централизованным использованием компьютерных технологий.

Выводы и направление дальнейших исследований. Развитие работ по созданию автоматизированной системы обработки информации при маркшейдерско-геологическом управлении качеством добываемого полезного ископаемого на основе типовых проектных решений должно проводиться по следующим этапам:

- разработка банка данных;
- создание пакетов прикладных программ функциональных комплексов задач;
- разработка способов генерации типовых модулей применительно к различным условиям горнодобывающих предприятий.

Список литературы

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ / Министерство угольной промышленности СССР, Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела. - М.: Недра, 1987. 240 с.
2. Методика определения экономической эффективности автоматизированных систем управления предприятиями и производственными объединениями / ГКНТ СМ СССР, Госплан СССР, АН СССР. М., Статистика, 1976.
3. Ясин Е. Г. Теоретические проблемы развития информационных систем. - В кн.: Модели данных и системы баз данных. М., Наука, 1979, с. 5-30.

Рукопись поступила в редакцию 17.02.14

УДК 528.482.4

О.Є. КУЛІКОВСЬКА, д-р техн. наук, доц., В.В. СТЕЦЕНКО, канд. геол.-мінер. наук, доц.,
Криворізький національний університет

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗВИТКУ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО ПУНКТУ №1 ДП «КРИВОРІЗЬКА ТЕПЛОЦЕНТРАЛЬ»

Розглянуто особливості розвитку деформаційних процесів газорозподільного пункту №1, однієї із споруд технологічного комплексу ДП «Криворізька теплоцентраль», та обґрунтовано необхідність проведення систематичного геодезичного моніторингу. Отримані дані рекомендується використовувати при складанні графіків планово-попереджувальних ремонтів досліджуваної споруди.

Постановка проблеми. Нормальна, безаварійна робота технологічного комплексу ДП «Криворізька теплоцентраль» залежить від стійкості основних будівель і споруд цього комплексу. Однак, унаслідок конструктивних особливостей, природних умов і діяльності людини інженерні споруди ДП «Криворізька теплоцентраль» в цілому та їх окремі елементи, зазнають

різного виду деформації. Під постійним тиском від маси споруд ґрунти в основі їх фундаменту поступово ущільнюються (стискаються) і відбувається зміщення у вертикальній площині або осідання споруди. Крім тиску від власної маси, осідання споруд викликане й іншими причинами: карстовими і зсувними явищами, зміною рівня ґрунтових вод, роботою важких механізмів, рухом транспорту, сейсмічними явищами і т.ін. Особливої уваги заслуговує та обставина, що споруди розташовані в безпосередній близькості від кар'єрів №1 і № 2 ПАТ «ЦГЗК», шахти ім. Фрунзе, інших об'єктів, на яких проводиться видобуток рудної маси з використанням масових вибухів.

Тому відповідно до вимог методичних вказівок [1], на підставі договору між адміністрацією ДП «Криворізька теплоцентраль» та ДВНЗ «Криворізький національний університет» навесні 2013р. розпочато проведення високоточних геодезичних спостережень осідання фундаментів будівель котлотурбінного цеху (КТЦ), районної котельні (РК) № 5 та газорозподільного пункту № 1 (ГРП-1) районної котельні № 2.

Для досягнення поставленої мети щодо встановлення ділянок, на яких може виникнути перерозподіл навантажень, що призведе до критичних деформацій, які вплинуть на безпечну роботу підприємства, визначені наступні задачі: відновити стаціонарні геодезичні полігони для продовження проведення систематичних геодезичних вимірювань; розробити методику визначення швидкостей осідань фундаментів інженерних споруд; підготувати моделі їх переміщення; розробити рекомендації щодо попередження виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах спостереження.

Аналіз останніх досліджень. Починаючи з 1986 року фахівцями Криворізького гірничорудного інституту були розпочаті роботи щодо дослідження стійкості основних інженерних споруд Криворізької ТЕЦ [2-5], стали застосовуватися високоточні прилади, виконано серію спостережень з визначення відміток осадкових марок і глибинних реперів. Протягом 1986-1990 рр. на РК № 1 і 1992-1994 рр. на РК №5 виконано інструментальні спостереження за деформаціями фундаментів цих об'єктів, які стали складовою частиною планово-попереджувальних ремонтів. Згодом, у зв'язку з фінансовими труднощами підприємства, геодезичні спостереження було призупинено до теперішнього року.

Викладення основного матеріалу. Існуючу систему осадкових марок і реперів на території інженерних споруд ДП «Криворізька теплоцентраль» було закладено у період післявоєнної відбудови [3]. При цьому застосовувалася система висот, основою якої була будівельна сітка. Пізніше відмітки реперів і марок було скоординовано з державною системою координат, у результаті чого їх позначки стали обчислюватися у Балтійській системі висот. Розгляд раніше виконаних фахівцями виробничо-технічного відділу робіт показав, що всі вимірювання проводилися нівелірами технічної точності [5]. У зв'язку з цим, середня квадратична похибка визначення висотного положення осадкових марок в окремих випадках могли значно перевищувати величини осідань фундаментів будівель і споруд. Отже, результати спостережень були недостатньо достовірні, а самі вимірювання не дозволяли забезпечити точність, пропонувану до них відповідними інструкціями та рекомендаціями [3].

У відповідності до вимог [1] допустима похибка визначення вертикальних деформацій основ фундаментів інженерних споруд теплоцентралі (ТЦ) дорівнює ± 1 мм. Тоді величина граничної похибки визначення абсолютної відмітки m_H може бути знайдена з виразу

$$m_H \leq \frac{m_{H_{доп}}}{\sqrt{n}},$$

де $m_{H_{доп}}$ - допустима похибка визначення вертикальних деформацій основ фундаментів, мм; n - кількість визначень. Підставивши у вищезазначену формулу значення $m_{H_{доп}} = \pm 1$ мм і $n=2$, отримаємо величину граничної похибки нівелювання точки, яка буде дорівнювати $\pm 0,7$ мм.

Попередні розрахунки обґрунтування точності спостережень із застосуванням рекомендацій [7-10] дозволили визначитися із їх методикою та обрати відповідні інструменти: а саме, застосовувався метод геометричного нівелювання короткими візирними променями із використанням високоточного оптичного нівеліра АТ-Г2 [11].

Оптичний нівелір Торсон АТ-Г2 оснащений компенсатором, гарантує стабільність і точність у будь-яких умовах роботи, високу ступінь захисту від проникнення вологи IPX7, компенсатор оснащений магнітним демпфером, для точного наведення на рейку використовується гвинт нескінченної наводки. З метою підвищення точності одержуваних результатів використовувалася мікрометренна насадка. Отримана гранична похибка визначення відмітки осадкової

марки нівеліром АТ-G2 не перевищує граничних похибок вимог, що пред'являються до точності визначення вертикальних деформацій основ і фундаментів (± 1 мм) досліджуваних інженерних споруд.

Як показали дослідження 2013 р. на території КТЦ-1 збереглися тільки два куща реперів висотної основи, на ділянках РК №2 і РК №5 - взагалі втрачені, що викликало необхідність закладки додаткових кущів реперів.

Газорозподільний пункт № 1 (ГРП-1) районної котельні № 2 ДП «Криворізька теплоцентраль» розташований на території Саксаганського району міста Кривий Ріг. Ділянка знаходиться в межах гірничого відводу шахти ім. «Артема». Площа будівлі складає 123,48 м². Рельєф поверхні ділянки має рівнинний характер із загальним уклоном на південь, закінчуючись крутим берегом притоку річки Саксагань, який на поточній час являє собою шламосховище. Ділянка пересічена в широтному напрямку яром (рис. 1).

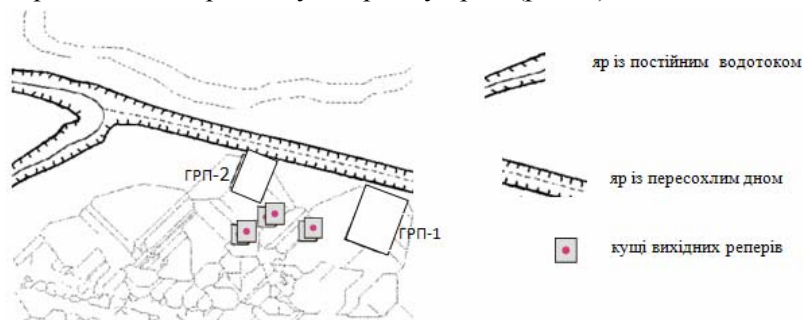


Рис. 1. Геоморфологічні умови території ГРП-1

У верхній і середній частині ярів в багатьох місцях слабо врізане дно, на значній довжині воно пересохле. У нижній частині відбувається об'єднання ярів з постійним потоком води техногенного походження. Майже по всій

довжині яро сильно заростає водяною рослинністю, яка особливо розвивається на пересохлих ділянках. Складені береги є насипними ґрунтами, у багатьох місцях, особливо у місці об'єднання ярів з постійним потоком води техногенного походження, здебільшого задерновані, місцями заросли окремими деревами і чагарником.

Неогенові і палеогенові відкладення поширені не повсюдно, вони, зазвичай, приурочені до понижень рельєфу кристалічних порід у межах залягання кристалічних порід Гданцівської і Глеюватської свит (західна частина ділянки). Як вказувалось вище, на осадових породах кайнозою залягають насипні ґрунти, що представлені суглинками, камінням різного гранулометричного складу та різноманітним будівельним матеріалом. Потужність цього пласта за проведеннями геологічними спостереженнями складає більш ніж 10 м.

У гідрогеологічному відношенні ділянка представлена одним водоносним комплексом порід. У цілому водоносний комплекс неоген-палеогенових відкладів безнапірний. Наявність лінз слабопроникних глин та алевритів створює місцевий напір підземних вод, який може досягати 10 м і більше. Загальна потужність водовмісних порід коливається від 2,5 до 30 м. Глибина залягання рівня підземних вод змінюється в межах від 1-5 м (у долинах річок) до 20-40 м (на вододільному плато). Відклади осадового чохла переважно дреновані. Тут відбувається поглинення поверхневого стоку, а по контуру - ще й розвантаження підземних вод у кристалічні породи. Живлення водоносного комплексу осадових порід здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, техногенних витоків, а також за рахунок перетоку з водоносного комплексу кристалічних порід, що залягає нижче. Потік підземних вод спрямований із півночі на південь і розвантаження відбувається у балку, зони зсування та обвалювання порід, а на вододілах - у водоносний комплекс, що залягає нижче.

Слабопроникні відклади кори вивітрювання кристалічних порід докембрію представлені каолінами та дресвяно-глинистими породами. Середня потужність становить 15-20 м. На найбільш підвищених ділянках кристалічних порід й у долинах рік слабопроникні відкладення відсутні.

На основі детальної геолого-гідрогеологічної вивченості ділянок закладено нові пункти геодезичної основи. Після оновлення геодезична вихідна мережа представляє собою мережу із трьох кущів ґрунтових реперів, закладених у, фактично, не стискуваних ґрунтах нижче глибини промерзання ґрунтів на 0,7-1,0 м. При цьому репери закладалися поза зоною розповсюдження напруг у ґрунтах, що створюються вагою близьких споруд, тобто на відстані що дорівнює не

менше половини глибини закладення його котловану. При нівелюванні короткими візирними променями відстань від інструмента до рейки, як правило, не перевищувала 25 м [13].

Схеми розміщення реперів вихідної основи та осадових марок на території ГРП-1 котельні № 2 відображено на рис. 2. Осадкові марки представляють собою металеві штирі, які виготовлені з бурової сталі завдовжки 150-200 мм, що забетоновані у несучих конструкціях споруди на висоті 0,3-1,0 м від поверхні землі. Місця їх закладки вибиралися таким чином, щоб організувати можливість вільного підходу до марок.

Для забезпечення необхідної точності спостережень за вертикальними деформаціями досліджуваних споруд контролювалася стійкість висотної геодезичної основи [14-17].

Існуючі методи аналізу стійкості реперів можна розділити на дві групи [18, 19]. До першої з них відносяться методи, в основі яких лежить принцип незмінної відмітки одного з найбільш стійких реперів мережі. В основу другої групи покладено принцип незмінної середньої відмітки всіх реперів мереж або групи найбільш стійких реперів. У зв'язку з тим, що у деяких випадках потрібно оперативно визначати відмітки осадових марок щодо одного з вихідних реперів, то необхідно з достатньою точністю знати позначку кожного з вихідних пунктів, а це можливо тільки при аналізі стійкості висотної основи одним із способів другої групи.

Ділянка у геолого-структурному відношенні має досить рухому структуру. У геологічній будові ділянки беруть участь кристалічні породи, осадкові породи кайнозою та насипні ґрунти [12]. На розмитій поверхні докембрійських кристалічних порід горизонтально залягають пухкі кайнозойські відкладення (знизу вгору): сірувато-зелені в'язкі глини з лінзами охристої глини та щебенем кристалічних порід, потужність від 1,5 до 10,9 м (сармат); пісок дрібнозернистий кварцовий, місцями глинистий, сірувато-жовтого і жовтувато-бурого кольору, потужність від 1 до 26 м (сармат); вапняк ноздреватий жовтого кольору, потужність до 5 м (понт); червоно-бурі глини піскуваті, місцями в'язкі, містять кристали гіпсу і вапняні конкреції, потужність від 2 до 28 м (пліоцен); жовті та бурі глини з дендритами марганцю, потужність від 1-3 до 23 м; світло-жовті лесовидні суглинки з включенням вапняних конкрецій і кристалів гіпсу, потужність від 1-3 до 15 м; ґрунтовий чорнозем потужністю від 0,5 до 2 м.

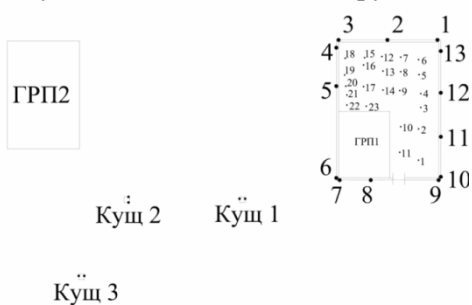


Рис. 2. Схеми розміщення реперів вихідної основи та осадових марок на території ГРП-1 РК № 2

У 2013 р. виконано 3 цикли геометричного нівелювання по програмі I класу між реперами висотного обґрунтування. Обчислення зрівняних відміток вихідних реперів реалізовано у програмному комплексі Digitals [20]. Результати наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Висотні відмітки вихідних реперів на промисловому майданчику ГРП-1

Назва репера	Відмітки реперів по циклам, м		
	Цикл 1	Цикл 2	Цикл 3
	26.04.13 р.	16.05.13 р.	25.06.13 р.
Гр1	100,2961	100,2955	100,2972
Гр2	100,2744	100,2755	100,2764
Гр3	99,9910	99,9978	99,9971
Гр4	99,9736	99,9724	99,9711
Гр5	100,0000	100,0000	100,0000
Гр6	99,9743	99,9752	99,9743

Визначення найбільш стійкого репера здійснено методом Костехеля [18]. Результати обчислення приведено у табл. 2.

Найбільш стійким є репер Гр5, так як він має найменше значення суми квадратів обчислених поправок. Вибір Гр5 в якості вихідного для обчислення відміток інших точок спостереження можна пояснити і його найбільшою віддаленістю від будівлі ГРП-1.

Тому, в розрахунках за початковий прийнято репер Гр5, умовна відмітка якого складає 100,0000 м.

Розрахунок стійкості реперів висотної основи

Назва репера	Поправки v , мм						[v]
	Гр1	Гр2	Гр3	Гр4	Гр5	Гр6	
Гр1	0,13	0,13	0,00	0,00	-0,20	-0,40	0,23
Гр2	-0,20	0,30	-0,10	0,20	0,00	-0,20	0,22
Гр3	0,13	-0,20	0,00	0,40	0,20	0,00	0,26
Гр4	0,10	0,30	0,00	0,00	-0,20	-0,40	0,30
Гр5	0,13	0,13	0,00	-0,20	0,30	0,10	0,17
Гр6	0,10	0,30	0,00	0,00	0,30	0,20	0,23

Оскільки зміна висот реперів між поточним і початковим спостереженнями не перевищує подвійної середньої квадратичної похибки визначення різниці висот, то це свідчить про відносну стабільність реперів висотної основи, так як два місяці тому ці реperi були закладено.

З метою подальших досліджень рекомендується продовжити роботи щодо визначення стабільності реперів висотної основи, так як період між моментом закладання їх та початком виконання циклів спостережень складає менше трьох місяців, як того вимагає Інструкція [8].

Отже, можна зробити попередній висновок про те, всі реperi, які закладені у поточному році практично стабільні (стійкі) і тому можуть слугувати вихідною висотною основою при визначенні вертикальних деформацій марок.

У квітні-червні 2013 р. на території ГРП-1 було проведено три цикли спостережень.

У результаті виконаних спостережень встановлено, що зміщення осадових марок за досліджуваний період знаходилися у межах від $-5,1$ до $+0,5$ мм, а обчислені швидкості осідання марок знаходяться в межах від $-27,0$ до $+6,2$ мм/міс.

При цьому максимальні швидкості вертикальних деформацій, що перевищують граничні, мали місце у районі марок 8,9,10 (рис. 3).

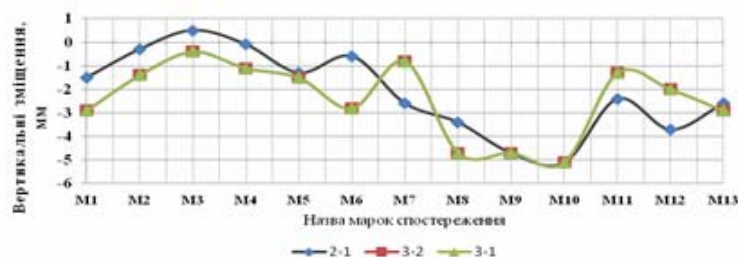


Рис. 3. Вертикальні деформації осадових марок у фундаменті ГРП-1

Особливе занепокоєння викликають вертикальні деформації марок, що знаходяться всередині будови ГРП-1 (рис. 4). Нижче наводяться графіки (див. рис. 3) осідання марок, закладених у фундаменті споруди за період з 26.04.13 р. до 25.06.13 р.



Рис. 4. Фото окремих тріщин та деформованих ділянок підлоги на об'єкті ГРП-1(ділянки марок в23, в22)

Використання програмного комплексу SURFER дозволило представити одержані результати спостереження марок М1-М13 та в1-в23, які закріплені всередині самої споруди ГРП-1, у вигляді контурних карт по циклах спостережень, які представлено відповідно на рис. 5-7.

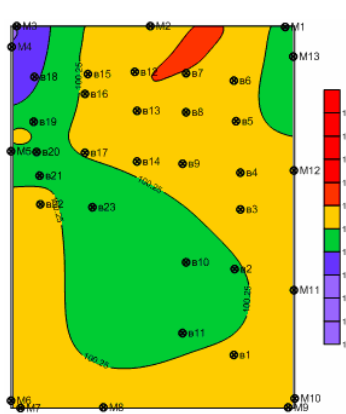


Рис. 5. Контурна карта висотного положення осадових марок ГРП-1 (цикл 1, 26.04.2013 р.)

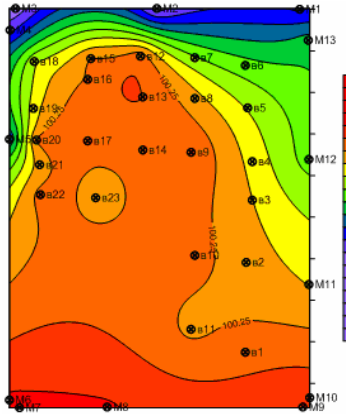


Рис. 6. Контурна карта висотного положення осадових марок ГРП-1 (цикл 2, 17.05.2013 р.)

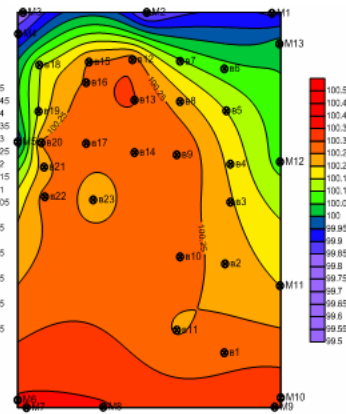


Рис. 7. Контурна карта висотного положення осадових марок ГРП-1 (цикл 3, 17.05.2013 р.)

Застосування модуля 3-D Wireframe надало можливість створити тривимірні моделі вертикальних деформацій, які більш наочно показують деформаційні процеси на ділянці розташування об'єкту ГРП-1 (рис. 8,9).

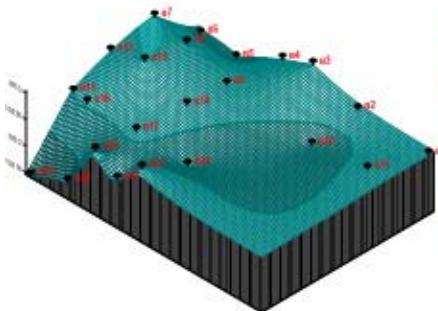


Рис. 8. 3-D Wireframe модель висотного положення осадових марок v1-v23 ГРП-1 (цикл 1, 26.04.2013 р.)

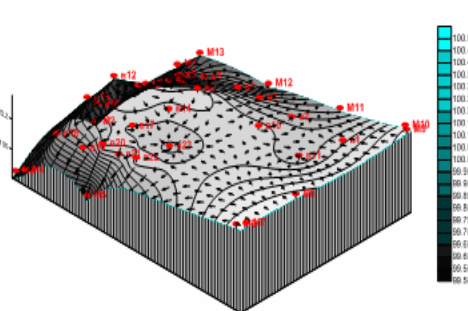


Рис. 9. 3-D Wireframe модель висотного положення осадових марок v1-v23 ГРП-1 (цикл 3, 25.06.2013 р.)

За обчисленими значеннями вертикальних зміщень створено моделі розвитку вертикальних деформаційних процесів із часом (рис. 10,11).

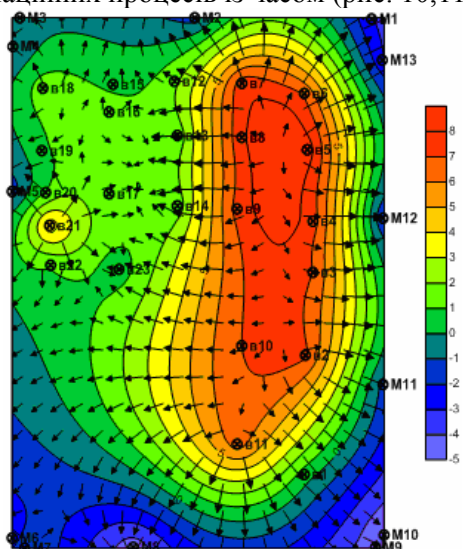


Рис. 10. Контурна карта розвитку вертикальних деформаційних процесів осадових марок ГРП-1 (цикли 2-1)

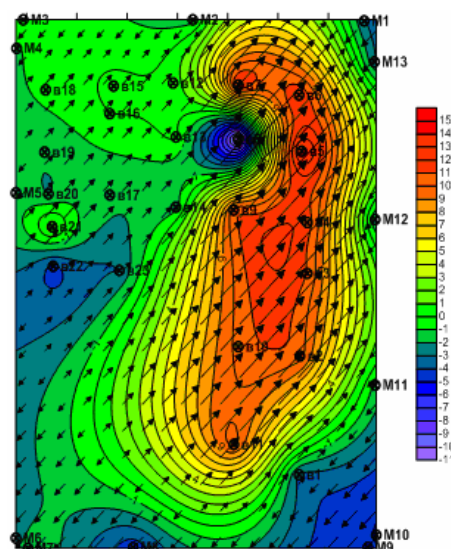


Рис. 11. Контурна карта розвитку вертикальних деформаційних процесів осадових марок ГРП-1 із нанесенням векторів зміщень (цикли 3-1)

Висновки. Аналіз моделей (див. рис. 10,11) свідчить про активізацію деформаційних процесів із часом. Вертикальні зміщення мають як додатній знак, так і від'ємний. Підняття ха-

рактерне ділянкам, на яких розміщено марки в7, в8, в6, в5, в4, в3, в11, в10, в9, значне опускання випробували марки М8, М9, М10.

Детальний дослідження контурних карт розвитку зміщень осадових марок із нанесенням векторів деформацій дозволяє чітко пояснити наявність тріщин як у стінах будови ГРП-1, так і на підлозі, всередині споруди. На даній ділянці, при проведенні спостережень за геоморфологічними елементами місцевості, було виявлено утворення і розвиток яру. При вивченні розрізів інженерно-геологічних комплексів порід, було встановлено, що процеси яроутворення виникли за рахунок збільшення зволоження насипних ґрунтів. Підвищення зволоження ґрунту відбулося за рахунок атмосферних опадів і техногенних вод. При цьому слід зауважити, що вертикальні зміщення за період із 1988 р. до теперішнього часу також є значними.

Одержані значення вертикальних деформацій дозволили встановити, що деформаційні процеси на промисловому майданчику ГРП-1 протікають інтенсивно, у зв'язку з чим рекомендується здійснювати моніторингові спостереження 1 раз у квартал. Отже, представлена система організації моніторингу за стійкістю даного інженерного об'єкту надасть право своєчасно, під час його експлуатації, розробляти заходи щодо попередження та усунення неприпустимих для конструкції споруди деформацій, здійснювати планово-попереджувальні ремонти.

Список літератури

1. Методические указания по наблюдениям за осадками фундаментов, деформациями конструкций зданий и сооружений и режимом грунтовых вод на тепловых и атомных электростанциях. - М.: Союзэнерго, 1985. - 72 с.
2. Исследование устойчивости инженерных сооружений Криворожской ТЭЦ им. Ильича (промежуточный): отчет НИР // № 7-54-86. - № ГР 01860077781. - Кривой Рог, 1988. - 52 с.
3. Исследование устойчивости инженерных сооружений Криворожской ТЭЦ им. Ильича (промежуточный): отчет НИР // № 7-54-86. - № ГР 01860077781. - Кривой Рог, 1987. - 71 с.
4. Исследование устойчивости инженерных сооружений Криворожской ТЭЦ им. Ильича (промежуточный): отчет НИР // № 7-54-86. - № ГР 01860077781. - Кривой Рог, 1988. - 71 с.
5. Исследование устойчивости инженерных сооружений Криворожской ТЭЦ им. Ильича (промежуточный): отчет НИР // № 7-54-86. - № ГР 01860077781. - Кривой Рог, 1989. - 75 с.
6. **Клюшин Е.Б.** Практикум по прикладной геодезии: геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации инженерных сооружений // **Е.Б. Клюшин, Д.Ш. Михелев, Д.П. Барков** и др. - М.: Недра, 1993. - 275 с.
7. **Уставич Г.А.** Геодезические работы при строительстве и эксплуатации крупных энергетических объектов // **Г.А. Уставич, Г.Д. Костина.** - М.: Недра, 1983. - 132 с.
8. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам / под редакцией Большакова В.Ф., Левчука Г.П. - М.: Недра, 1980. - 781 с.
9. **Жуков Б.Н.** Геодезический контроль сооружений и оборудования промышленных предприятий: Монография. - Новосибирск: СГГА, 2003. - 356 с.
10. **Михелев Д. Ш.** Геодезические измерения при изучении деформаций крупных инженерных сооружений / **Д. Ш. Михелев, И. В. Рунов, А. И. Голубцов.** - М.: Недра, 1977. - 152 с.
11. <http://www.topcon.ua>.
12. Исследование деформаций инженерных сооружений ПУБКХ г. Кривого Рога: заключительный отчет // № 36-478-82. - № ГР 01823027643. - Кривой Рог, 1988. - 98 с.
13. **Перепечкин А.А.** Об оптимальной длине визирного луча при измерении осадок сооружений / Геодезия и картография. - 1976. - № 2. - С. 27-31.
14. **Черников В.Ф.** Создание высотной опорной сети для наблюдения за осадками промышленных сооружений // В.Ф. Черников / Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1963. - № 3. - С. 37-42.
15. Нивелирование I и II классов. - М.: Недра, 1982. - 264 с.
16. **Зайцев А.К.** Геодезические методы исследования деформаций сооружений / **А.К. Зайцев, П.В. Марфенко, Д.Ш. Михелев** и др. - М. Недра, 1991. - 272 с.
17. **Luccio M.** The concrete and the clay: monitoring large structure deformation // GPS World, Vol. 13, No. 8. - 2002. - P. 16.
18. Измерение осадок и деформаций геодезическими методами. - М.: Геодезиздат, 1959. - 286 с.
19. **Костецька Я.** Дослідження методів визначення нестабільності висот реперів у нівелірних мережах / **Я. Костецька, Р. Озімбловський, Н. Турчин** // Сучасні досягнення геодезичної науки і техніки. - Львів, 2011. - №1(121). - С. 121-125.
20. <http://www.geosystema.net/digitals>.

Рукопис подано до редакції 05.03.14

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф., М.О. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, доц.,
О.Ю. ЄРЬОМЕНКО, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

НОВЕ ОБЛАДНАННЯ І ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ І ПОДАЧІ БЕТОНУ

Ключові слова: виробництво, транспортування, подача, бетонна суміш, обладнання.

Проблема та її зв'язок з науковим і практичним завданням. За останній час в Україні збільшуються обсяги будівництва, у результаті чого зростає попит на якісні будівельні матеріали, у тому числі й на товарний бетон.

Сьогодні головна проблема в питаннях обладнання для виробництва, транспортування й подання товарного бетону - наявність великої кількості морально й фізично застарілої бетонної техніки, на якій неможливо стабільно випускати необхідні марки бетону, через пріоритет людського фактора в технологічних процесах.

А це означає, що й попит на якісне обладнання для виробництва, транспортування та подання товарного бетону збільшується.

Більшість фахівців, погоджуючись із цим твердженням, відзначають, що проблемою є недостатнє фінансування. Відомо, що багато виробників виготовляють бетон на застарілому обладнанні, і не кожен власник підприємства має фінансові ресурси для придбання імпортного чи вітчизняного заводу. Подібна ситуація характерна й у сегменті засобів доставки і подання товарного бетону.

Ще однією проблемою є відставання регіонів в оснащенні сучасним обладнанням: чим далі від столиці, тим менше пропозицій щодо сучасної будівельної техніки, відповідно, і попит не неї великий. Це, у свою чергу, впливає на своєчасне забезпечення будівельного об'єкта всіма необхідними видами бетонної суміші.

Постановка завдання. На сьогодні, завдяки технології монолітного будівництва, товарний бетон стає основою для реалізації нових архітектурних концепцій. Цей будівельний матеріал активно використовується при зведенні промислових і житлових будівель, інженерних споруд та об'єктів соціально-культурного призначення.

Потрібно відзначити, що виготовити якісний бетон можна лише на сучасному обладнанні. Однак виготовити якісний бетон - це півсправи, важливо своєчасно доставити й укласти його в конструкцію.

У зв'язку з цим, важливо правильно вибрати нове обладнання й технології для виготовлення, транспортування й подання бетону.

Викладення матеріалу й результати. В Україні на сьогодні, за різними оцінками, вітчизняні виробники виготовляють близько 14 млн м³ товарної бетонної суміші.

За словами фахівців, сьогодні в Україні товарний бетон виробляють:

на будівельному майданчику: виготовляють у малих кількостях за допомогою найпростіших бетономішалок (у цьому випадку якість товарного бетону не гарантовано) ;

на заводах ЗБВ і ЗБК: виготовляють у невеликих обсягах на пристосованих для цього бетонозмішувальних установках (стабільність якості товарного бетону не постійна через застаріле обладнання);

на спеціальних бетонних заводах, побудованих тільки для випуску готових будівельних сумішей у промислових обсягах (стабільна якість товарного бетону завдяки сучасній техніці й технології).

Застосування технології монолітного будівництва залежить від наявності підприємств, що виготовляють товарний бетон саме в промислових обсягах. Для цього вводяться в експлуатацію стаціонарні та пересувні бетонні заводи як вітчизняні, так і закордонні.

Провідним українським виробником бетонозмішувального обладнання фахівці називають ЗАТ «Бетонмаш» (Слов'янськ, Донецька обл.). У даний час це підприємство виготовляє різні типи бетонозмішувальних установок продуктивністю від 15 до 135 м³ / год (з можливістю оснащення комп'ютерною системою керування).

Житомирське АТЗТ «Будмаш» спеціалізується на випуску Бетонорастворосмесітелі і ліній з виробництва бетону продуктивністю від 15 до 40 м³ / год. Також на ринку з'явився новий виробник - ЗАТ «Станкінпром» (Харків).

Активно ведеться виготовлення будівельних матеріалів закордонними виробниками.

Слід зазначити, що закордонні виробники устаткування приділяють особливу увагу різноманітним конструктивним особливостям. Завдяки такому підходу сьогодні замовник може вибрати бетонний завод, не тільки виходячи з його вартості та якості виконання основних вузлів, але й залежно від передбачуваних умов роботи та особливостей наявного майданчика. Для цього існують різні моделі, у тому числі й бетонозмішувальні установки на автомобільному шасі. Поряд з цим інженерні рішення, закладені в устаткування закордонних виробників, дозволяють підібрати замовникові індивідуальний і оптимальний проект заводу для виготовлення товарного бетону.

Значну частину в будівельній індустрії з виготовлення бетону займає устаткування німецьких виробників - компанії «ТЕКА ГмбХ». Устаткування цього виробника встановлено в Києві, Донецьку, Харкові, Львові. Характерна особливість компанії - її унікальні інженерні рішення для кожного конкретного заводу, що включають можливість модернізації та вдосконалення діючого виробництва.

Сьогодні ця компанія пропонує установки TRANSMIX і MIXOMAT з радіальним або рядовим способом завантаження інертних матеріалів, скіповим або транспортним поданням, продуктивністю від 20 до 120 м³ / год.

При цьому модельний ряд представлений трьома типами змішувачів: тарілчастий змішувач застосовується для виготовлення товарного бетону; двовальний змішувач використовують, коли необхідні великі масиви твердого бетону при будівництві аеродромів, мостів та інших споруд; планетарний змішувач застосовується при виготовленні дрібноштучних бетонних виробів (плитка, стінові блоки, бордюрні камені).

Вітчизняні будівельники знають і обладнання компанії ELBA - WERK Maschinen - Gesellschaft mbH (Німеччина), яка виготовляє й реалізує широкий модельний ряд обладнання для виробництва товарного бетону.

Сьогодні цей виробник виготовляє компактні міксцентри (EMC / ELMC), супермобільні установки (ESM), стаціонарні бетонні заводи модульного (EBC, EMA) і баштового типів (EMT).

Крім бетонних заводів, фірма ELBA виробляє модулі бетонозмішувальних установок, які дозволяють здійснити реконструкцію й модернізацію вже наявних застарілих бетонних заводів різних виробників. Установлення нових модулів не вимагає таких капіталовкладень, як покупка нового бетонного заводу, підвищує продуктивність та оптимізує виробництво. При цьому проектування й комплектація кожного модуля проводиться після аналізу діючого виробництва замовника.

Виробнича програма компанії Schwing Stetter (Німеччина) включає компактні, горизонтальні, вертикальні й мобільні бетонозмішувальні установки. Горизонтальні заводи з виходом суміші від 55 до 125 м³/год поставляються зі зрікоподібними, рядними складами або вертикальними бункерами, тарілчастими або двовальними змішувачами. Найбільше поширення отримав завод продуктивністю 56 м³/год, а з нового покоління цієї серії - завод з двовальним змішувачем місткістю 2250 л фірми BHS.

Представлена в будівельній індустрії і продукція компанії CIFA. Цей виробник пропонує кілька технічних рішень, пов'язаних з питаннями виготовлення бетонної суміші та виробництва бетону з великою фракцією заповнювача. Ця фірма має багаторічний досвід виробництва та спеціалізується на виробництві приоб'єктних бетонозмішувальних установок (5-20 м³/год), стаціонарних і мобільних бетонорастворосмесительних заводів (20 до 300 м³/год).

Якість бетону в спорудах залежить не тільки від якості обладнання, яке використовується для виробництва цього будівельного матеріалу. На всіх етапах виробництва бетонних робіт є безліч факторів, які можуть впливати на якість бетону. Один із них - це своєчасне укладання бетонної суміші в конструкцію. Пов'язано це з тим, що «термін життя» якості суміші - усього 90-120 хвилин. Щоб не вийти за межі цього тимчасового інтервалу, необхідно мати парк сучасних автобетонозмішувачів (АБС)

До найбільш відомих українських виробників автобетонозмішувачів фахівці відносять Кураховський машинобудівний завод (Донецька обл.). Модельний ряд цього підприємства включає три моделі автобетоносмесителів - СБ - 92В - 2 (5 м³), СБ - 195 (6 м³), СБ - 197 (7 м³).

Автобетонозмішувачі TIGARBO з корисним об'ємом барабана 7 і 9 м³ на базі автошасі КрАЗ виготовляє ХК «АвтоКрАЗ» (Кременчук). Активно освоюють український ринок і закордонні виробники. Доволі великим виробником автобетонозмішувачів є німецька компанія LIEBHERR - Mischtechnik GmbH. Сьогодні цей виробник виготовляє вісім типорозмірів засобів для транспортування бетону з корисним внутрішнім об'ємом від 5 до 15 м³.

Представлена в будівництві та техніка компанії PICCINI - автозмішувачі із самозавантаженням SCOUT. Даний вид техніки дозволяє одержати від 1,5 до 5,7 м³ бетону на виході.

Вітчизняним будівельним комплексом затребувані автобетонозмішувальні установки російських виробників. Під торговою маркою TIGARBO реалізується автобетонозмішувальна техніка ЗАТ " КОМЗ - Експорт» (Каменськ- Шахтинський, Ростовська обл., Росія). Сучасний модельний ряд цього виробника включає понад 10 різних моделей автобетоносмесителів корисною ємністю від 4 до 9 м³. Технологічне обладнання може встановлюватися на різне шасі: КамАЗ МАЗ, КрАЗ, Урал, Volvo, SCANIA та ін. відповідно до їх вантажопідйомності), а також на причепи та напівпричепи.

Ми вважаємо, що своєчасна доставка товарного бетону на будівельний об'єкт важлива, але не єдина складова його якості. Обов'язкове дотримання правил збагачення з бетоном під час подання й укладання його в будівельну конструкцію - відповідальний етап, що впливає на якість об'єкта. На будівельному майданчику близько 30 % трудовитрат припадає на подання й укладання бетону, а самі бетонні роботи належать до категорії найбільш трудомістких. Застосування бетононасосів забезпечує ефективність робіт з бетоном, значно підвищує якість і швидкість будівництва. Обладнання для подання бетону може бути як стаціонарним, так і на базі автошасі. При цьому автобетононасоси забезпечені гідравлічною розподільною стрілою, що робить цю техніку мобільнішою.

Сьогодні застосовуються бетононасоси, в основному, закордонних виробників. При цьому широко представлена бетоноподавальна техніка німецьких компаній. Фірма ELBA - WERK виготовляє дві серії стаціонарних бетононасосів з потужністю подання бетону від 45 до 57 м³/год і від 70 до 100 м³/год. Насосна частина автобетононасосов ELBA має потужність подачі бетону від 70 до 130 м³/год.

Модельний ряд компанії Putzmeister AG представлений різними моделями стаціонарнопричепних бетононасосів з продуктивністю від 17 до 200 м³/год. Компанія Schwing Stetter виготовляє бетононасоси з поданням бетону від 90 до 163 м³/год на висоту від 23 до 58 м.

На будівельних майданчиках застосовують різні моделі бетононасосів італійських виробників. Стаціонарні автобетононасоси продуктивністю 15-150 м³/год (дистанція подання - до 200 м по вертикалі і до 500 м по горизонталі з висотою стріли автобетононасоса від 18 до 53,5 м) виготовляє італійська компанія MECBO. Цей виробник виготовляє також бетонодозувальні стріли різних моделей, які значно розширюють виробничі можливості стаціонарних бетононасосів, дозволяючи укладати бетон у місцях, важкодоступних для прокладання бетоноводу.

У виробничому асортименті компанії CIFA присутні бетононасоси з подачею від 87 до 180 м³/год на висоту від 24 до 52 м.

Також використовується техніка з Китаю. Фірма SANY виготовляє стаціонарні бетононасоси продуктивністю від 40 до 121 м³ на годину, з дальністю подання до 1500 м по горизонталі і до 350 м по вертикалі; а також автобетононасоси з вильотом стріли від 37 до 56 м. Крім цього, окрему позицію займають бетонодозувальні стріли.

Також можна відзначити самохідну автобетоносмесительну установку Scout із самозавантаженням компанії Officine PICCINI. Подібну техніку виготовляє й компанія D'AVINO (Італія). Зручні в експлуатації, компактні й мобільні бетонозмішувальні установки із самозавантаженням знайшли широке застосування в Європі. Їх використовують як будівельні компанії при об'єктних бетонозмішувальних установках, так і компанії, що пропонують бетон з постачанням. Сьогодні й українські будівельники одержали можливість застосування цієї техніки при виконанні різних бетонних робіт.

Беруть участь у розробці нової техніки й українські виробники. Так, наприклад, у 2006 р. Кураховський машинобудівний завод представив українським будівельникам автобетонозмішувач СБ - 199 з об'ємом змішувального барабана 9 м³.

Висновки. Незважаючи на значні успіхи з виготовлення й використання сучасного обладнання для виробництва та доставки товарного бетону розробникам надалі потрібно працювати над тим, щоб:

збільшити довговічність бетонної техніки за рахунок підвищення захисту конструкції вузлів і агрегатів від зносу й корозії;

збільшити рівень надійності головних вузлів і агрегатів;

знижити металоємність конструкцій заводів за рахунок оптимізації конструкторських розрахунків без зниження його якісних даних.

Велику увагу необхідно приділяти також глибокій діагностиці обладнання за рахунок застосування вбудованої BUS - технології та мережі Інтернет.

Розглядаючи обладнання для подання бетону, а також розвиток будівельної галузі, можна з упевненістю говорити про те, що основним завданням, яке стоїть перед конструкторами при розробці нових моделей бетононасосів, залишається збільшення висоти подання бетону. При цьому актуальним питанням залишається підвищення надійності конструкції, зниження або збереження на колишньому рівні маси й габаритної довжини установки в транспортному положенні, її стійкості при роботі та безпеки.

Також слід звернути увагу на систему моніторингу руху автотранспорту. Дана система може використовуватися і в будівельній галузі, у тому числі при транспортуванні товарного бетону. Вона дозволяє: мати достовірну та оперативну інформацію про місцезнаходження автомобіля за допомогою GPS- технології; здійснювати безперервний моніторинг усіх етапів рейсу й контролювати графік рейсу; збільшити оборотність транспортних засобів; своєчасно реагувати на непередбачені обставини.

Подібні системи в будівництві набули поширення не так давно. Це стало можливим завдяки тому, що провідні українські компанії розробили програмну й апаратну частини системи.

У зв'язку з цим, перед українськими розробниками стоїть завдання з удосконалення та поширення програмної й апаратної частин таких систем.

Список літератури

1. **Афанасьев А.А.** Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона. - М.: Стройиздат, 1990.
2. **Афанасьев А.А., Данилов ИМ., Евстратов Г.И.** и др. Технология строительного производства / Под ред. **Данилова Н.Н.** -М.: Высш. школа, 1991.
3. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. - К.: Мінбуд України, 2011. – 71 с.
4. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування: ДСТУ В.2.6-156:2010. - К.: Мінбуд України, 2011. – 118 с.
5. **Валовой М.О., Попруга Д.В.** Эффективные материалы для усиления железобетонных конструкций//Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди.Зб. наук. праць. – Рівне: 2008. – Вип. 17. – С. 7 – 13.
6. **Баженов Ю.М.** Технология бетонных и железобетонных изделий, М., 1984.
7. **Бондарь Е. П., Фетисов К. С.** Справочник молодого монтажника стальных и железобетонных конструкций. М., 1981.
8. **Евдокимов Н. И., Мацкевич А. Ф., Сытник В. С.** Технология монолитного бетона и железобетона. М., 1980.
9. **Кичихин Н. Н.** Такелажные работы в строительстве. М., 1984.
10. **Козлов В. В., Ремейко О. А.** Отделка железобетонных и бетонных изделий. М, 1982.
11. **Королев К. М.** Справочник молодого машиниста бетоно-, растворо-смесителей и бетоно-растворонасосных установок. М., 1982.
12. **Королев К. М.** Передвижные бетоно-, растворо-смесители и бетононасосные установки. М., 1986.
13. **Попов КН., Каддо М.Б., Кульков О.В.** Оценка качества строительных материалов. - М.: Изд-во АСВ, 1999.
14. Проектирование железобетонных сборно-монолитных конструкций/Н.-и., проект.-конструкт. и технолог.инт бетона и железобетона. – М.: Стойиздат, 1991. – 69 с.: ил. – (Справ. Пособие к СНиП).
15. Производство бетонных и железобетонных конструкций: Справочник/Под ред. **Гусева Б.В., Звездова А.И., Королева К.М.** - М.: Новый век, 1998.
16. **Слесарев Ю. М.** Приготовление бетонной смеси и строительного раствора. М., 1984.
- СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования/ Госстрой СССР.М.: ЦИТП, 1986-79 с.
17. **Теличенко В.И.** и др. Технология строительных процессов. - М.: Высш. школа, 2003.

18. Теличенко В.И., Лapidус А.А., Терентьев О.М. и др. Технология возведения зданий и сооружений: Учебник для вузов. - М.: Высш. школа, 2001.
19. Третьяков А. К., Рожненко М. Д. Арматурные и бетонные работы. М., 1982.
20. Хаютин Ю.Т. Монолитный бетон. - М.: МИСИ, 1991.

Рукопис подано до редакції 02.03.14

УДК 528.44

Р.О. ТИМЧЕНКО, С.О. ПОПОВ, доктори техн. наук, проф.,
Д.А. КРИШКО, канд. техн. наук, А.В. БОГАТИНСЬКИЙ, аспірант,
Криворізький національний університет
О.В. ШЕВЧУК, Л.В. ПЕТРОВА, ДП «ДПІ «Кривбаспроект»

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ ДЛЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ

Розглядається питання використання цифрової моделі рельєфу для раціонального застосування території.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Одним із перспективних напрямків застосування ГІС у сучасних дослідженнях стала побудова віртуальних моделей. Оскільки геометричному опису реального світу властива третя координата, засоби тривимірного моделювання стали невід'ємним компонентом сучасних ГІС. Крім інформації про висоту об'єктів, третя координата може служити характеристикою будь-яких процесів чи явищ і використовуватися для їх просторового представлення [1,2].

Аналіз досліджень і публікацій. Джерелами первинних даних для створення цифрової моделювання рельєфу території є топографічні карти, аерофотозйомка, космічні знімки та інші дані дистанційного зондування (ДДЗ), дані систем супутникового позиціонування, нівелювання та інших методів геодезії.

Обробка цифрової моделі рельєфу використовується для: одержання похідних морфометричних чи інших даних, включаючи обчислення кутів нахилу й експозиції схилів; аналізу видимості; побудови тривимірних зображень, у тому числі блок-діаграм, профілів поперечного перерізу, оцінки форми схилів через кривизну їх поперечного і поздовжнього перерізу; генерації мережі тальвегів і вододілів, що утворюють каркасну мережу рельєфу, особливих точок і ліній рельєфу, локальних мінімумів, або западин і локальних максимумів, чи вершин, сідловин, брівок, ліній обривів і інших порушень "гладкості" поверхні, плоских поверхонь з нульовою крутизною; побудови ізоліній за множиною значень висот; автоматизацію аналітичної відмітки рельєфу шляхом розрахунку відносних освітленостей схилів при вертикальному, бічному або комбінованому освітленні від одного або більше джерел; цифрової ортотрансформації при цифровій обробці зображень; інші обчислювальні операції і графоаналітичні побудови. Методи і алгоритми створення та обробки ЦМР можна застосовувати, окрім даних про рельєф (висоту), до інших фізичних або статистичних показників [2,3,4].

Тривимірні моделі територій застосовуються при ситуаційному моделюванні, аналізі проєктів і рішень, для виконання аналітичних розрахунків і як інструмент підтримки прийняття управлінських рішень. І ГІС, і програмні комплекси для обробки даних дистанційного зондування мають у своєму арсеналі програмні компоненти для тривимірного моделювання та візуалізації [4].

Постановка завдання. Враховуючи розвиток комп'ютерних технологій та комп'ютерного моделювання, постає необхідність оцінки можливості використання геоінформаційних систем для потреб містобудування, а також розгляду їх структури та обмежень у застосуванні.

Викладення матеріалу та результати. Цифрова модель рельєфу (ЦМР) – засіб цифрового представлення тривимірних просторових об'єктів (поверхонь, рельєфів) як сукупності висотних відміток або відміток глибин і інших значень аплікату (координати Z) у вузлах регулярної мережі з використанням матриці висот, нерегулярної трикутної мережі (TIN), або як сукупність ізоліній. Найбільш поширеним способом цифрового представлення рельєфу в ГІС є растрове.

Побудова ЦМР вимагає певної структури даних, а вихідні точки можуть бути по-різному розподілені в просторі. Збір даних може здійснюватися за точками регулярної мережі, за структурними лініями рельєфу або хаотично. На основі первинних даних, за допомогою спеціального інструментарію, отримують одну із найбільш поширених у ГІС структур даних

для представлення поверхонь: GRID, TIN або TGRID [1-5].

TIN (Triangulated Irregular Network) – нерегулярна триангуляційна мережа, система трикутників, що не перекривають один одного. Вершинами трикутників є первинні опорні точки. У цьому випадку, рельєф є багатогранною поверхнею, кожна грань якої описується або лінійною функцією, або поліноміальною поверхнею, коефіцієнти якої визначаються за значеннями у вершинах граней трикутників. Для отримання моделі поверхні, ГІС з'єднує пари точок ребрами певним способом, названим триангуляцією Делоне [6].

GRID – модель, яка представляє регулярну матрицю значень висот, отриману шляхом інтерполяції первинних даних. Для кожної комірки матриці, висота обчислюється на основі інтерполяції. Фактично це мережа висот, розміри якої задаються відповідно до вимог точності досліджень [6].

TGRID (triangulated GRID) – модель, що поєднує в собі елементи моделей TIN та GRID. Такі моделі мають свої переваги, наприклад, дозволяють використовувати додаткові дані для опису складних форм рельєфу (обриви, скельні виступи) [6].

Найбільшого поширення в дослідженнях на Україні, пов'язаних зі створенням ЦМР, набули програмні додатки зарубіжних виробників ГІС. Так, популярним є модуль ArcGIS 3D Analyst, розроблений компанією ESRI [5]. Він доповнює продукти ArcGIS Desktop (ArcView, ArcEditor, ArcInfo) інструментами створення і аналізу поверхонь, а також двома додатками для створення і представлення тривимірних моделей: ArcScene (локальні ділянки території) та ArcGlobe (моделі в планетарному масштабі). Як і вся лінійка ArcGIS, модуль 3D Analyst розроблений на основі COM-моделі і використовує базові компоненти ArcObjects, що дозволяє використовувати готові бібліотеки з аналітичними функціями та засобами тривимірної візуалізації при створенні як локальних, так і серверних ГІС-додатків. За допомогою інструменту розробника ArcGIS Engine, можна створювати власні засоби тривимірної візуалізації, що використовують компонент GlobeControl для інтерактивної візуалізації тривимірних сцен.

Інший приклад програмного забезпечення – MapInfo Vertical Mapper (додаток для MapInfo Professional), що є ефективним засобом для побудови і аналізу тривимірних даних. MapInfo Vertical Mapper підтримує низку методів інтерполяції просторових даних (Kriging, TIN, IDW, Natural Neighbour і Bilinear) і включає математичні моделі побудови поверхонь (аналіз віддаленості, зон видимості, гравітаційна модель Хаффа для одного або кількох джерел).

Спершу створюється цифрова картографічна основа. Потім формується тривимірна модель рельєфу, яка використовується для створення планувальної основи і в проєкті по раціональному використанню території.

Інформація, покладена в основу цифрової моделі рельєфу надалі може використовуватися фахівцями при рішенні наступних завдань [7]:

- прогнозування розвитку, планування і забудови;
- розміщення, проектування, будівництво і реконструкція об'єктів житлово-цивільного, виробничого, комунального і іншого призначення;
- охорона пам'яток архітектури, регенерація історичних поселень;
- створення соціальної, інженерної і транспортної інфраструктури;
- регулювання земельних стосунків на відповідних територіях;
- облік власників і користувачів будівель і споруд;
- контроль за раціональним використанням територіальних ресурсів;
- аналіз реалізації затвердженої містобудівної документації та ін.

Пошаровий принцип організації інформації полягає в тому, що дані про територію організуються (розширюються) у вигляді набору тематичних шарів. Шар складається з однорідних даних, що об'єднуються загальною тематикою. Наприклад, в один шар виносяться всі об'єкти гідрографії, або всі шосейні дороги, або все, що відноситься до рослинного покриву (рис. 1).

Пошаровий принцип організації інформації дуже наочний і добре співвідноситься з прийомами традиційної картографії.

У більшості програмних продуктів ГІС дані організовані в тематичні шари даних. Такий підхід дозволяє вводити дані як окремі теми і накладати їх на основі аналізу потреб. Це може бути представлено концепцією вертикального розширення об'єктів земної поверхні. Розуміння шарів просторових даних як вертикальної форми організації даних представлено в посібнику [8]. Інструментом просторового взаємозв'язку шарів по вертикалі є єдина для всіх шарів система координат для визначення просторових об'єктів.

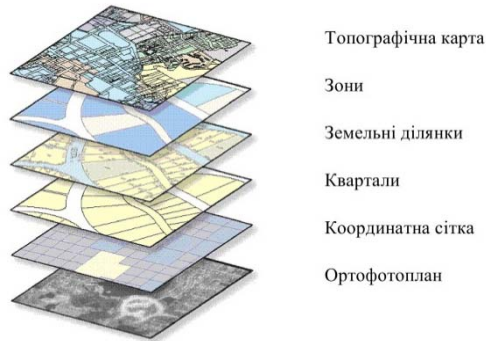


Рис. 1. Ілюстрація концепції вертикального розширення об'єктів земної поверхні.

Ідея накладення настільки природна для фахівців картографів і природних ресурсів, що вона також була створена при розробці більшості векторних систем САД. Підхід накладення шарів, вживаний в системах САД, використовується для відділення основних класів просторових об'єктів. Ця концепція також використовується для логічного впорядкування даних в більшості ГІС програм. Термінологія може відрізнитися між програмним забезпеченням ГІС, але підхід є тим же.

У комерційному програмному забезпеченні ГІС використовується різноманітність термінів для визначення даних шарів. Шар даних (Layer) і тема (Theme) є найбільш поширеними термінами; вони не є власністю якого-небудь конкретного програмного забезпечення ГІС [9].

Шар даних або тема відповідає логічній сукупності просторових об'єктів із загальними характеристиками. Кожен шар/тема визначається наступними умовами:

- об'єкти одного класу;
- однаковий набір полів.

Геометричний тип об'єкта визначає шість класів шарів або тем (табл. 1).

Для будь-якого ГІС-проекту будуть потрібні різні шари даних. Вони мають бути визначені до початку проекту.

Має бути також визначений пріоритет введення або оцифрування просторових даних шарів.

Це є обов'язковим, оскільки часто один шар даних містить просторові об'єкти, які збігаються з іншими, наприклад, озера можуть бути використані для визначення полігонів у шарі даних лісового кадастру. Шари, як правило, визначаються розробником, виходячи з потреб користувачів і доступності даних.

Визначення шарів може значно відрізнитися залежно від потреби в ГІС. Кількість шарів в діючій ГІС крупного муніципального утворення може вимірюватися декількома сотнями [9].

Таблиця 1

Класи шарів

Класи шарів	Графічне представлення класів шарів
1. Точковий шар (Point Layer)	
2. Лінійний шар (Line Layer)	
3. Полігональний шар (Polygon Layer)	
4. Шар анотацій (Annotation Layer)	
5. Шар записів (Record Layer)	
6. Шар точок реперів (Tie Layer)	

У табл. 2 наведено приклади деяких шарів даних з типової ГІС муніципального управління.

Таблиця 2

Приклади шарів даних

Назва шару	Об'єкт реального світу	Геометричний тип об'єкта	Атрибути користувача
Вісі вулиць	Міські вулиці	Лінійний	Назва, клас вулиці
Дорога	Проїжджі частини вулиць	Полігональний	№, площа, ширина
Квартали	Квартали міста	Полігональний	Щільність забудови, чисельність населення
Будівлі житлові	Будівлі	Полігональний	Поверховість, кількість квартир, кількість мешканців
Будівлі промислові	Будівлі	Полігональний	Висота, об'єм
Земельні ділянки	Зонування	Полігональний	Код ділянки, площа, тип землекористування
Залізниця	Основні залізничні лінії	Лінійний	Назва залізниці
Лінії газопостачання	Система газопостачання	Лінійний	Діаметр, тиск, довжина
Лінії водопостачання	Система водопостачання	Лінійний	Діаметр, матеріал, довжина

Як правило, в ГІС вводиться один шар даних за один раз. Шар даних буде повністю завантажений, коли будуть виконані графічні перетворення, редагування, топологічні побудови, перетворення атрибутів, зв'язування, а також перевірки, перш ніж наступний шар

даних буде запущений. Тому є декілька етапів в повному завантаженні даних шару.

Більшість ГІС-проектів інтегрують шари даних, для створення похідних тем або шарів, які є результатом деякого обчислення або моделі, наприклад, цінності лісів, придатності використання земель і так далі. Похідні шари повністю залежать від мети проекту. Кожен шар даних, інтегрований в індивідуальному порядку і буде початковим для створення комбінованих даних шарів.

Окремі функції аналізу даних можуть бути здійснені, ґрунтуючись на моделі даних, наприклад, векторній або растровій, і топологічній структурі. Важливо відзначити, що у векторній ГІС топологічна структура визначається тільки за допомогою унікальних міток для кожного просторового об'єкта.

При розробці логічної моделі даних з використанням реляційної моделі можливо потрібно розглянути пошарову й мозаїчну структуру даних, відому також як бібліотека карт.

Найчастіше при цьому організується також й ділення одного тематичного шару по горизонталі по аналогії з окремими листами карт. Це робиться в основному для зручності адміністрування баз даних, щоб уникнути роботи з надмірно великими файлами.

Число шарів при пошаровій організації даних може бути обмежене, або практично не обмежене залежно від конкретної реалізації. При пошаровій організації даних дуже зручно маніпулювати великими групами об'єктів, представлених шарами, як єдиним цілим, наприклад, включаючи або вимикаючи шари для візуалізації, визначати операції, засновані на взаємодії шарів. В цілому, можна сказати, що пошарова організація даних має великий аналітичний потенціал.

Об'єкти, віднесені до одного шару утворюють деяку фізично окрему одиницю даних. Вони збираються в один файл або в одну директорію, мають єдину і окрему від інших шарів систему ідентифікаторів, до них можна звертатися як до деякої множини. По одній темі можуть бути передбачені декілька шарів різного масштабу і відповідно різної точності або різних часових інтервалів. Ця ідея також використовується для логічного впорядкування даних в більшості ГІС-програм [10, 11].

В основу створюваної ГІС включається цифрова базова карта; створюються цифрові аналітичні карти по блоках, що характеризують основні природні та соціально-економічні особливості території, стан навколишнього середовища. Атрибутивна інформація включається в ГІС з

різних джерел за стандартизованими формами. На цьому ж етапі накопичуються містобудівні нормативні документи і регламенти (рис. 2).



Рис. 2. Склад цифрових аналітичних карт

На основі засобів просторового аналізу створюються синтетичні карти, які одержують шляхом зіставлення і синтезу як картографічних, так і атрибутивних даних, представлених у перерахованих блоках. На основі аналізу даних синтетичних карт розробляються сценарії розвитку для різних регіонів країни. Метою цього етапу є створення ряду прогнозно-конструктивних карт [12].

Тривимірне комп'ютерне представлення місцевості значно підвищує можливості візуального аналізу при вивченні і управлінні міською територією, воно дозволяє [8, 9, 11]:

виконати фотореалістичне відображення досліджуваної території і віртуальне переміщення над моделлю місцевості;

оцінити можливості існуючої і варіанти проектованої міської забудови і міського ландшафту;

провести аналіз проектних рішень, у тому числі на відповідність генеральному планові розвитку міста;

компілювати необхідні тематичні шари з впровадженими 3D об'єктами;

розвивати методи підготовки перспективних тривимірних топологічних ГІС-даних і моделей, а також поєднання їх з даними САПР.

3D модель дає повніше уявлення про територію забудови міста, ніж звичайні карти і плани, забезпечує перегляд об'єктів з будь-якої точки простору (з висоти пташиного польоту, з поверхні землі, з вікна будь-якого будинку і так далі), спрощує процеси планування, контролю і ухвалення рішень.

Вже зараз одна з умов безпомилкового будівництва будівлі – це попередня побудова його проектованої тривимірної моделі і тривимірних моделей навколишньої забудови. Тривимірна модель проектованого об'єкту допомагає архітекторові краще зрозуміти самому і пояснити замовникові те, що він збирається побудувати. Інженерові-конструктору тривимірна модель об'єкту допомагає краще опрацювати елементи будівельних конструкцій, виконати розрахунки міцності будівлі. Усім фахівцям вона дозволяє краще орієнтуватися в об'єкті, що будується.

Подібні тривимірні моделі, інтегруючи в собі різноманітні векторні і растрові дані, дозволяють краще оцінити тенденції забудови території, допомагають дизайнерам при плануванні зовнішнього вигляду будівель. Їх корисно використовувати в різних областях діяльності при усвідомленій оцінці поточної ситуації в районі міста, що розглядається, або при його переплануванні.

Крім того, можна досить швидко проаналізувати варіанти і деталі проекту, переміщати будівлі і інші елементи проекту забудови території і за допомогою послідовних наближень досягти бажаного результату. При цьому, засоби додаткового модуля 3D аналізу дозволяють по-

глянути на проєктований об'єкт з різних боків, а також змоделювати вигляд території з вікон будівель.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Великою перевагою використання цифрової моделі є те, що користувач працює не в системі координат паперового листа, а в реальній тривимірній системі. Проєктувальник може оцінювати свій проєкт комплексно, без відриву від міського середовища, з урахуванням існуючих і проєктованих інженерних комунікацій, транспортної доступності.

Подібні тривимірні моделі, інтегруючи в собі різноманітні векторні і растрові дані, дозволяють краще оцінити тенденції забудови території, допомагають дизайнерам при плануванні. Їх корисно використовувати в різних областях діяльності при усебічній оцінці поточної ситуації в районі міста, що розглядається, або при його переплануванні.

Список літератури

1. **ДеМерс М.Н.** Географические информационные системы. Основы / **ДеМерс М.Н.**; пер. с англ. - М.: Дата+, 1999.- 491 с.
2. GIS Glossary [Electronic Resource] .- URL: <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/glossary.html>
3. **Goodchild, M.F.** Geographical information science //International Journal of Geographical Information Systems, 1992, 6(1), p. 31-45.
4. **Huxhold W.E., Levinsohn A.G.** Managing Geographic Information System Projects. - New York, Oxford: Oxford University Press., 1995. - 250 p.
5. Сучасні інформаційні технології для управління територіальним розвитком регіонів / С.М. Андрєєв, С.І. Безрізна, С.А. Загородня [та ін.] // Геоінформатика. – 2012. – № 2. – С. 51 – 59.
6. **Скворцов А.В.** Триангуляция Делоне и ее применение / **А.В. Скворцов.** – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 128 с.
7. **Білецький Б.О.** Деякі аспекти інтеграції ГИС-додатків для систем підтримки прийняття рішень / **Б.О. Білецький** // Матеріали VI міжнар. наук-практ. конф. "ГІС-форум.2006". – Київ, 2006. – С. 235 – 238.
8. **Журкин И.Г.** Геоинформационные системы / И.Г. Журкин, С.В. Шайтура. – М.: Кудиц-прес, 2009. – 272 с.
9. **Ішук О. О.** Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: Навчальний посібник / **О.О. Ішук, М.М. Коржнев, О. Е. Кошляков;** за ред. акад. Д.М. Гродзинського. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2003.– 200 с.
10. **Шипулін В.А.** Основні принципи геоінформаційних систем / **В.А. Шипулін.** – Харків: ХНАМГ, 2010. – 315 с.
11. **Савиных В.П.** Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования / В.П.Савиных , В.Я. Цветков. - М.: Геодезиздат,- 2001 – 228 с.
12. **Энди Митчелл.** Руководство по ГИС Анализу. Часть 1: Пространственные модели и взаимосвязи / Энди Митчелл; пер. с англ. – Киев, ЗАО ЕСОММ Со; Стило, 2000. – 198 с.

Рукопис подано до редакції 03.03.14

УДК 711.28

Р.О. ТИМЧЕНКО, С.О. ПОПОВ, доктори техн. наук, проф.
Д.А. КРИШКО, канд. техн. наук, М.О. КРАВЧЕНКО, Ю.В. ЧУГАЙ, магістранти,
Криворізький національний університет
О.В. ШЕВЧУК, Л.В. ПЕТРОВА, ДП «ДПІ «Кривбаспроект»

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ У СИСТЕМІ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЄЮ

У даній статті розглядається питання використання геоінформаційних систем у системі територіального планування та управління територією.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Для створення умов прогнозованого розвитку територій, населених пунктів, підвищення ефективності управління, супроводження містобудівної діяльності, поліпшення екологічного і техногенного становища населених пунктів у провідних країнах світу використовують геоінформаційні системи (ГІС) та системи моделювання на базі геоінформаційних технологій для підготовки пропозицій щодо прийняття управлінських рішень.

Система територіального планування та управління територією включає організаційну структуру; технічні та програмні засоби; інформаційні ресурси; каталоги та бази метаданих; сервіси геопросторових даних; будівельні норми, технічні регламенти та державні стандарти [1].

Реалізація належної інформаційної політики для потреб містобудівної діяльності, її технологічне забезпечення, відповідно до новітніх технологій, впровадження сучасних інформаційних систем для обробки та відображення інформації, повинні передбачати автоматизацію вирішення широкого кола завдань з управління розвитком територій на місцевому, регіональному та державному рівнях шляхом впровадження розрахункових задач та систем моделювання за різними напрямками містобудівної діяльності.

Використання ГІС, як системи зберігання і використання геопросторових даних створюється для задоволення інформаційних потреб у плануванні території та будівництві у взаємодії з земельним, водним, лісовим і іншими кадастрами, взаємодії з реєстраційними, інвентаризаційними, статистичними і іншими інформаційними фондами та результатами моніторингу середовища проживання населення[1-3].

До завдань ГІС відноситься реєстрування, зберігання та надання користувачам містобудівних регламентів використання території для містобудівних потреб, відомостей про стан нерухомості, оцінки та формування умов містобудівного розвитку.

Містобудівні дані необхідні при розробленні і реалізації містобудівної та іншої документації, забудові земельних ділянок, а також для відповідного інформаційного забезпечення при зміні правового статусу нерухомості та при здійсненні угод з нею і реєстрації прав на неї, проведення операцій з оподаткування, оцінки інвестиційної діяльності, для формування заходів щодо охорони природних комплексів, пам'яток архітектури і містобудування, видачі архітектурно-планувальних завдань, дозволів на будівництво і знесення, спеціальних приписів, здійснення державного нагляду і містобудівного контролю, іншої діяльності у сфері містобудування.

Містобудівні дані усіх рівнів повинні зберігати обов'язковий набір даних в уніфікованій формі для всіх об'єктів одного і того ж рівня. Це забезпечить їх співставлення по горизонталі та «наслідування» по рівнях. Вирішення цих питань надасть можливість значно підвищити оперативність та якість вирішення питань, що стосуються забезпечення сталого розвитку території України [1].

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз сучасних наукових методів і підходів, що застосовуються в різних країнах при розробці моделей містобудівного розвитку регіонів, показує, що найбільш повно вони реалізуються при використанні сучасних ГІС-технологій. Однак, це висуває особливі вимоги до розробки методики оцінки містобудівних рішень і підготовки містобудівного прогнозу.

Постановка завдання. Як показує світовий досвід, ефективне інформаційне забезпечення територіального планування і управління містом можливе тільки на базі геоінформаційних технологій, які забезпечують збереження і пошук необхідної інформації, яка «прив'язана» до конкретних об'єктів спеціально створеної комп'ютерної (цифрової) карти території.

Викладення матеріалу та результати. У ГІС, в залежності від базового масштабу використаних цифрових карт, інформаційними об'єктами можуть бути окремі житлові будівлі, промислові об'єкти, квартали забудови; вулиці і дороги або їх окремі елементи (проїзні частини, бордюри, кювети, придорожні газони), масиви зелені або окремі дерева; інженерні комунікації або їх складові частини (ділянки трубопроводу, колодязі) тощо.

Враховуючи необхідність пошарового накопичення та спільного аналізу різнохарактерних даних, що мають конкретну територіальну локалізацію, цілком закономірно розглядати ГІС-технологію як базову технологію створення і ведення територіального планування та управління територією. На державному рівні має бути створена міжвідомча геоінформаційна система, що буде забезпечувати інформаційні потреби усіх галузей у сфері містобудування, яка одночасно стане складовою електронного урядування.

Містобудівну діяльність необхідно розглядати з різних точок зору – з точки зору інтересів держави, суспільства в цілому та інтересів кожної окремої людини.

Інтереси держави – в забезпеченні умов для стійкого розвитку територій, функціонування державних систем інженерної і транспортної інфраструктури, збереження природних ресурсів,

охорони державних об'єктів історико-культурної та природної спадщини, територій традиційного проживання корінного населення.

Громадські інтереси в області містобудівної діяльності полягають у забезпеченні сприятливих умов проживання, обмеження негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє середовище містобудівними засобами, покращенні екологічного стану, розвитку інженерної, транспортної та соціальної інфраструктури та збереження територій, об'єктів історико-культурної та природної спадщини.

Приватні інтереси в області містобудівної діяльності пов'язані з реалізацією прав і законних інтересів власників, орендарів земельних ділянок та інших об'єктів нерухомості.

Містобудівна діяльність не повинна заперечувати державні, громадські, приватні інтереси. Державні, громадські та приватні інтереси в області містобудівної діяльності забезпечуються безумовним виконанням вимог нормативно-правових актів, державних містобудівних нормативів та правил, реалізацією містобудівної та проектною документації з метою забезпечення сприятливих умов проживання та контролю за їх виконанням.

Наявність якісного нормативно-правового забезпечення є необхідною умовою для створення системи, власне автоматизованої системи територіального планування та управління територією як державної системи зберігання та використання геопросторових даних про територію, адміністративно-територіальні одиниці, екологічні, інженерно-геологічні умови, інформаційні ресурси будівельних норм, державні стандарти і правила для задоволення інформаційних потреб у плануванні територій та будівництві, формування галузевої складової державних геоінформаційних ресурсів [4-5].

Тому першочерговим напрямом на шляху створення системи територіального планування та управління територією є системний аналіз існуючих законодавчих, нормативно-правових актів, що прямо чи опосередковано стосуються містобудівної діяльності та створення якісного нормативно-правового забезпечення щодо створення та функціонування системи територіального планування та управління територією усіх рівнів.

Цілісність даних оцінки територій в системі територіального планування та управління територією забезпечується за рахунок єдиного правового, нормативного та науково-методичного забезпечення щодо створення й ведення на відповідному рівні та використання єдиної технології ведення усіх її рівнів [4].

Системи територіального планування та управління територією одного й того ж рівня, наприклад, різних міст чи областей України, повинні зберігати обов'язковий для усіх об'єктів даного рівня набір даних в уніфікованій формі, базуватись на сумісних геоінформаційних, інформаційних та операційних системах.

Відповідно до покладених завдань на систему територіального планування та управління територією, його створення, як свідчить досвід провідних країн світу, базується на геоінформаційних системах, що забезпечують розв'язання задач аналізу, прогнозування та моделювання з метою формування пропозицій для прийняття управлінських рішень з урахуванням соціальних, економічних, екологічних і інших складових для забезпечення стійкого розвитку території держави, її інженерної, транспортної і соціальної інфраструктури, а також регіональних суб'єктів і муніципальних утворень за міжвідомчим принципом та інформування громадськості.

Такий підхід до створення такої системи дозволить зіставляти та оцінювати відповідні території за їх привабливістю, ефективністю використання, природно-екологічним станом, збереженням історико-архітектурних цінностей, за їх інвестиційним потенціалом та іншими показниками. Така можливість зіставляти та оцінювати однотипні території дасть можливість органам державної влади та органам місцевого самоврядування обґрунтовано формувати плани розвитку територій, плани функціонального використання територій, плани зонування територій і забезпечувати сталий розвиток територій держави [6, 7].

Для цього повинні бути розроблені методологічні засади і методики оцінки територій з різних точок зору, методики формування дозвільних документів. Ці методики мають бути формалізовані, бо реалізація таких методик без формалізації вхідних даних та надання алгоритму їх обробки призведе до неоднозначного трактування методологічних засад різних частин території України і отримання неоднозначних оцінок щодо аналізу стану використання та прогнозування розвитку територій, а звідси і планування розвитку територій. Склад, зміст і форма по-

дання даних різних рівнів повинні бути узгоджені таким чином, щоб була забезпечена їх спадкоємність, інтеграція по рівнях.

Такі методологічні засади і відповідні методики дадуть можливість проводити аналіз, надавати аналітичні довідки в різних розрізах, відстежувати тенденції розвитку будь-якої території України, оцінювати ці тенденції розвитку та приймати відповідні рішення. Тому формування методичного забезпечення процесу створення та функціонування системи територіального планування та управління територією слід розглядати як один із основних напрямів його створення.

Власне ГІС-технології - це сучасні комп'ютерні технології для картування і аналізу об'єктів реального світу, а також подій, що відбуваються на нашій планеті, в нашому житті і в нашій діяльності.

Дана технологія об'єднує традиційні операції при роботі з базами даних з перевагами повноцінної візуалізації і географічного (просторового) аналізу, які надає карта. Ці особливості відрізняють ГІС від інших інформаційних систем і забезпечують унікальні можливості для її застосування в широкому спектрі завдань, пов'язаних з аналізом і прогнозом явищ і подій навколишнього світу, з осмисленням і виділенням головних чинників і причин, а також їх можливих наслідків, з плануванням стратегічних рішень і прогнозуванням поточних наслідків дій, що відбуваються [8].

З наукової точки зору, ГІС – це засіб моделювання і пізнання природних і соціально-економічних процесів. ГІС застосовується для дослідження всіх тих природних, суспільних і природно-суспільних об'єктів і явищ, які вивчають науки про Землю і суміжні з ними соціально-економічні науки. У технологічному аспекті засоби ГІС – це засіб збору, зберігання, перетворення, відображення і розповсюдження просторово-координованої географічної (геологічної, екологічної, економічної) інформації. І нарешті, з виробничої точки зору, ГІС є комплексом апаратних пристроїв і програмних продуктів (ГІС-оболонки), призначених для забезпечення управління і ухвалення рішень. Таким чином, ГІС може одночасно розглядатися як інструмент наукового дослідження і як технологія і продукт інформаційної індустрії. Це достатньо типова ситуація на сучасному рівні науково-технічного прогресу, що характеризується інтеграцією різних гілок розвитку науки, суспільства та виробництва.

Головною перевагою ГІС є найбільш доступне для людей представлення інформації, як просторової, так і будь-якої іншої, що описує об'єкти, розташовані у просторі (атрибутивної інформації) [9].

Способи представлення атрибутивної інформації різні: це може бути числове значення з датчика, таблиця з бази даних (як локальної, так і віддаленої) про характеристики об'єкта, його фотографія або реальне відображення. Таким чином, ГІС можуть допомогти скрізь, де використовується просторова інформація про об'єкти.

У ГІС різні види об'єктів місцевості, а їх, як правило, кілька сотень, рознесені по шарах, що дозволяє відображати на екрані комп'ютера «картинку» з будь-яким поєднанням шарів. Так, наприклад, можна відобразити на моніторі лише житлові будинки, проїжджі частини вулиць, водопроводи та колодязі і роздрукувати цю картину в будь-якому масштабі.

Споживча цінність ГІС у значній мірі визначається базовим масштабом комп'ютерних карт і планів території, а також їх змістом. Сьогодні інженерне господарство країни, особливо в містах, несе значні витрати через відсутність достовірної та швидко доступної інформації про стан підземних комунікацій.

ГІС у системі територіального планування та управління територією – це міжвідомча система, яка повинна забезпечувати достовірними геоінформаційними даними всіх учасників процесу управління територіальним розвитком відповідного рівня, а саме: органи державної влади і місцевого самоуправління, міністерства і відомства, агенції, інвестори, фізичні і юридичні особи, проектні, вишукувальні і будівельні підприємства і організації, органи державної статистики та інші інформаційні служби [10].

Одним із основних принципів проектування ГІС повинен бути принцип гармонізації засобів ГІС різних рівнів з засобами ГІС державного рівня. Забезпечити побудову такої гармонізованої на всіх рівнях системи територіального планування та управління територією засобів ГІС можливо з використанням провідних систем для роботи з картографічною інформацією.

Враховуючи важливість використання ГІС-технологій при створенні та функціонуванні системи та наявність великої кількості систем відомих розробників систем для роботи з картографічною інформацією, одним із головних напрямів робіт по створенню системи територіального планування та управління територією є обґрунтування та вибір оптимально раціональної ГІС з урахуванням потреб не лише державного рівня, а й регіонального та місцевого рівнів, можливості їх взаємодії та взаємодії з іншими інформаційно-аналітичними системами, урядування й розробка відповідних ГІС-сервісів [11].

Системний підхід в управлінні містом потребує урахування усіх структурних складових містобудівної системи як сукупності просторово-організованих і взаємопов'язаних матеріальних об'єктів території міста, а місто розглядати як надзвичайно складний об'єкт з величезними матеріальними, фінансовими та трудовими ресурсами, який потребує застосування сучасних інформаційних технологій для оцінки ситуацій, що дозволить знизити ризики і підвищити надійність і обґрунтованість містобудівних управлінських рішень.

Містобудівну діяльність слід розглядати як предметну область, в якій суттєву роль відіграє якість прийняття рішень як у звичайних, так і проблемних ситуаціях. Труднощі, які виникають у процесі прийняття рішень, полягають у наявності факторів ризику, наприклад, таких як невизначеність і недостатність знань про характеристики об'єктів міста, особливо у кризових ситуаціях [11].

Існує проблема вибору найбільш інформативних ознак ситуацій з достатньо високою кількістю неформалізованих параметрів стану місцевих об'єктів - наявність і ступінь концентрації об'єктів житлового призначення; доступність до центру міста та місць трудового і культурно-побутового обслуговування населення; рівень і якість інженерного обладнання території; стан оточуючого середовища; характеристики місця розміщення; цілісність візуально-просторового сприйняття природних і антропогенних вузлів і комплексів; тощо, які необхідно проаналізувати за короткий період часу і прийняти рішення.

Для підготовки множини альтернативних варіантів рішень та вибору найбільш обґрунтованого з них необхідно мати комплекс моделей оцінки територій міста, який відображає економічні, екологічні, транспортні, історико-архітектурні, інвестиційні, рекреаційні характеристики міста [5, 6]. Тому одним із важливих напрямів створення системи слід вважати створення комплексу моделей різнопланової оцінки територій та прогнозування результатів рішень, які пропонуються з метою вибору оптимального з них.

Систему територіального планування та управління територією державного рівня слід розглядати як автоматизовану систему зберігання та використання геопросторових даних про територію, адміністративно-територіальні одиниці, екологічні, інженерно-геологічні умови, інформаційних ресурсів будівельних норм, державних стандартів і правил для задоволення інформаційних потреб у плануванні території та будівництва, формування галузевої складової державних інформаційних ресурсів [12].

ГІС дозволяє обмін документами та кадастровими даними з іншими кадастровими та інформаційними системами, надання користувачам через мережу геопорталів, сервісів пошуку та перегляду геопросторових даних про об'єкти містобудування, опис та пояснення до них.

ГІС надає можливість переглянути копії затверджених містобудівних документів, що відносяться до місцевих об'єктів, а саме: нормативно-правових актів містобудівної діяльності, державних будівельних норм, стандартів і правил, містобудівних регламентів щодо визначення містобудівної цінності території держави та використання території для містобудівних потреб з відомостями, необхідними для контролю за їх використанням, результати екологічного, інженерно-геологічного, сейсмічного, гідрогеологічного та іншого районування території країни на підставі даних, що надійшли з відповідних галузевих кадастрів та інформаційних систем.

Крім того, користувачам мають бути доступні для перегляду схема планування території України та результати моніторингу стану розроблення та виконання генеральних планів населених пунктів, отримані на підставі даних інформаційних систем територіального планування та управління територією регіонального рівня [12, 13].

З огляду на вищезазначене, вимоги до прикладного програмного забезпечення системи територіального планування та управління територією державного рівня, яке має бути розроблене, дуже високі [5]. А відтак зростають вимоги і до загальносистемного програмного забезпечення, яке повинне забезпечувати ведення розподілених баз даних, сховищ даних та докумен-

тів, мережеву обробку та зберігання великого об'єму даних як текстових, так і картографічних, швидкість доступу до даних, захищеність даних, стійкість та надійність у роботі, підтримку роботи геоінформаційних систем, а також друк картографічних матеріалів.

Загальносистемне програмне забезпечення, яке повинне обиратися на базі наявних на ринку операційних систем і універсальних програмних засобів, має забезпечити надійне функціонування в мережевому режимі всього комплексу технічних засобів і прикладного програмного забезпечення.

Загальносистемне програмне забезпечення також повинно забезпечити підтримку інформаційного обміну з організаціями – першоджерелами вихідних даних і споживачами інформації, тим самим забезпечуючи функціонування програмно-технічного комплексу системи територіального планування та управління територією державного рівня як керівного центру державної системи зберігання та використання геопросторових даних про територію, адміністративно-територіальні одиниці, екологічні, інженерно-геологічні умови, інформаційних ресурсів будівельних норм, державних стандартів і правил для задоволення інформаційних потреб у плануванні території та будівництва, формування галузевої складової державних інформаційних ресурсів [12, 13].

Тому наступним основним напрямом процесу створення системи територіального планування та управління територією має бути обґрунтування вибору загальносистемного програмного забезпечення та засобів розробки прикладного програмного забезпечення та його архітектури.

Створення баз, сховищ і вітрин даних та інтеграція даних з різних баз даних і джерел інформації в рамках єдиного інформаційного простору є однією з основних задач створення системи територіального планування та управління територією.

В основі створення єдиного інформаційного простору ГІС повинна бути розроблена концептуальна модель предметної області, тобто інформаційна модель найбільш вищого рівня абстракції. На відміну від логічної схеми даних, зазначена модель не орієнтована на конкретну систему управління базами даних і модель даних (реляційну, об'єктно-орієнтовану, ієрархічну). Прийнята концептуальна модель дозволить досягти семантичної сумісності інтегрованих даних шляхом визначення єдиних понять (концептів) і взаємозв'язків між ними.

Для досягнення семантичної сумісності при прийнятті концептуальної моделі необхідно передбачити підмоделі опису всіх інформаційних рівнів системи територіального планування та управління територією. Встановлені межі предметної області забезпечать вивчення нормативно-методологічної бази. Виявлення інформаційних об'єктів або понять предметної області і залежностей між ними здійснюється на основі дослідження вихідних документів містобудівної діяльності.

Вибір концептуальної моделі орієнтується на вимоги до інформаційного змісту системи територіального планування та управління територією та забезпечує методологічні підходи для формування вимог до розроблення необхідних об'єктів інформаційного простору. Використання інструментальних засобів створення концептуальної моделі забезпечує представлення результатів розробки в наочному вигляді, зручному для обговорення різних аспектів моделювання із замовником, перевірки коректності моделі та автоматизованої розробки відповідної документації.

Обмін даними між рівнями системи територіального планування та управління територією включає узагальнення і деталізацію опису інформаційних об'єктів. Дослідження і розробка методології агрегації даних – необхідний етап створення системи територіального планування та управління територією державного рівня.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Проектування нових баз і банк даних пов'язане з необхідністю забезпечення інформаційної повноти системи територіального планування та управління територією. Структури баз і банк даних повинні відповідати концептуальній моделі системи територіального планування та управління територією. Однією з найважливіших задач створення єдиного інформаційного простору системи територіального планування та управління територією є створення єдиної системи класифікації і кодування, створення системи реєстрів усіх типів документів. Сервіси інформаційних систем територіального планування та управління територією створюються для забезпечення пошуку інформації за вказаними користувачами характеристиками об'єктів обліку, виявлення та перегляду наборів геопросторо-

рових даних та інформації про характеристики геопросторових об'єктів в інформаційних мережах, а також безпосереднього доступу користувачів до даних або одержання їх копій, формування аналітичних звітів.

ГІС у муніципальному управлінні використовується в багатьох сферах управління таких, як управління, містобудування і т.п. В даний час ГІС є фундаментом муніципальної інформаційної системи, оскільки вона є джерелом всіх просторових даних по об'єктах міської території і може служити потужним засобом з обробки цих даних, вирішувати найскладніші аналітичні завдання в галузі моделювання процесів в міському середовищі і виступає в ролі невід'ємного інструменту при прийнятті територіальних управлінських рішень. Не варто недооцінювати роль даних систем і при вирішенні управлінських завдань вищого рівня і використання ГІС-технологій на робочих місцях вищої ланки муніципального управління. При реалізації програм інформатизації органів місцевого самоврядування проблемам розробки та розвитку муніципальних ГІС-технологій повинно бути приділено особливу увагу.

Список літератури

1. Сучасні інформаційні технології для управління територіальним розвитком регіонів/ С.М. Андрєєв, С.І. Березіна, С.А. Загородня[та ін.] // Геоінформатика. – 2012. – №2. – С. 51-59.
2. Журкин И.Г. Геоинформационные системы / И.Г. Журкин, С.В. Шайтура. – М.: Кудиц-прес, 2009. – 272 с.
3. Шипулін В.А. Основні принципи геоінформаційних систем/ В.А. Шипулін. – Харків: ХНАМГ, 2010. – 315 с.
4. Білецький Б.О. Деякі аспекти інтеграції ГІС-додатків для систем підтримки прийняття рішень/ Б.О. Білецький // Матеріали VI міжнар. наук-практ. конф. "ГІС-форум.2006". – Київ, 2006. – С. 235-238.
5. Дьомін М.М. Актуальні проблеми теорії та методології містобудівних досліджень/ М.М. Дьомін // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2009. – Вип. 33. – С. 141-155.
6. Міщенко О.Д. Мультиагентні технології як основа для управління містобудівними системами/ О.Д. Міщенко// Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2009. – Вип. 33. – С. 234-244.
7. Глебова Н. ГІС для управління містами і територіями // ArcReview, 2006. – № 3 (38). – С. 34-42.
8. Дьяченко Н.В. Використання ГІС-технологій у вирішенні завдань управління. - [http:// www.pocnit.ru/2st/materials/Diachenko.html](http://www.pocnit.ru/2st/materials/Diachenko.html)
9. Дьяченко Н.В. Досвід розробки інформаційно-аналітичних систем підтримки прийняття управлінських рішень - [http:// www.pocnit.ru/2st/materials/Diachenko.html](http://www.pocnit.ru/2st/materials/Diachenko.html)
10. Еремченко Є. Новий підхід до створення ГІС для невеликих муніципальних утворень // ArcReview, 2005. – № 2 (32). – С. 84-90.
11. Красовська О., Скатерщиков С., Тясто С., Хмелефа Д. ГІС у системі територіального планування та управління територією // ArcReview, 2003. – № 3 (38). – С. 93-100.
12. Томілін В.В., Норієвская Г. М. Використання ГІС у муніципальному управлінні // Практика муніципального управління, 2007. – № 7. – С. 24-30.
13. Щербінін Ю.Б. Нетрадиційні підходи до створення геоінформаційних систем управління муніципальними утвореннями. - СНІБ "Ельбрус". – 170 с.

Рукопис подано до редакції 03.03.14

УДК 504.6: 622.73: 534.83

А.Р. АРУТЮНЯН, канд. техн. наук, доц., В.Д. АФАНАСЬЕВ, канд. техн. наук
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

УДАРНЫЙ ШУМ ПРИ ГРАВИТАЦИОННОМ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ РУДЫ И СРЕДСТВА ЕГО СНИЖЕНИЯ

Приведены данные о профессиональной тугоухости, уровнях звукового давления и уровнях звука при гравитационном транспортировании руды и дана оценка эффективности снижения ударного шума различными типами футеровок. Показана возможность снижения передачи и уменьшения излучения ударного шума на 10÷15 дБ в широком диапазоне частот при использовании резиновых и резино-металлических футеровок.

Проблема и ее связи с практическими задачами. При разработке проектных решений по дроблению кускового материала используется способ его транспортирования под действием гравитационных сил. Такие схемы преимущественно используются при каскадном расположении оборудования. Они требуют использования большого числа перегрузочных устройств, по-

верхности которых преимущественно защищаются от интенсивного абразивного износа футеровками из листовой стали толщиной 20 мм.

При интенсивном ударном воздействии кусковым материалом с размерами от 50 мм и выше при высоте падения более 0,5 м на перегрузочные устройства, несущие элементы которых выполнены толщиной 6-8 мм, генерируют ударный шум от 90 до 100 дБА.

Без решения вопросов снижения ударного шума перегрузочных устройств не будет решен вопрос снижения шумовой нагрузки на обслуживающий персонал, даже если в оборудовании будут использоваться эффективные средства снижения шума.

Анализ исследований и публикаций. Наиболее полно средства снижения шума при транспортировании материала представлены в работе А.В. Калмыкова и Л.Ф. Журбинского [1].

Приведены данные об уровнях шума при соударении кусков породы между собой (до 88 дБА) и ударов транспортируемого материала крупностью 100 мм о металлические поверхности (до 100 дБА).

В работе [1] рассмотрены различные типы футеровок и ряд конструкций перегрузочных устройств с элементами поглощения энергии удара.

Однако данных о частотных характеристиках снижения ударного шума и их связи с параметрами приведенных устройств не проводятся.

Актуальным остается задача исследования особенностей передачи и излучения ударного шума и определения наиболее эффективных из них с учетом условий эксплуатации на горнорудных предприятиях черной металлургии.

Постановка задачи. Целью работы являются экспериментальные исследования передачи ударного воздействия различными типами футеровок, которые наиболее широко обсуждаются в литературных источниках [1,4,5] и особенности излучения ими ударного шума.

Изложение материала и результаты. Данные о вредном воздействии производственного шума за последние 15 лет показывают [2,3], что проблема борьбы с шумом становится одной из наиболее актуальной.

Это определяется повышенными уровнями шума на большинстве рабочих мест при подготовке горнорудного сырья к обогащению, увеличением стажа работы, накопительным характером вредного воздействия шума, а также тем, что его последствия не поддаются лечению.

По данным статистического сборника «Праця України 2001 ...» в черной металлургии из 280 тыс. работников более 60 % работают в условиях, не удовлетворяющих требованиям санитарно-гигиеническим норм, из них более 36 % работают в условиях повышенных уровней шума [2].

Данные о состоянии профессиональных заболеваний, подготовленные институтом НИ-ИБТГ КНУ [3] показывают, что за период 2003-2007 гг. среди семи видов профессиональных заболеваний, в зависимости от различных отраслей в черной металлургии, число работников с тугоухостью составляет от 5,6 до 31,6 %.

Среди видов механического шума ударный шум занимает одно из первых мест, особенно в технологических процессах дробления кускового материала горнорудного сырья.

Признавая экономическую целесообразность гравитационного транспортирования, следует отметить, что при этом возникает необходимость использования десятка перегрузочных устройств, которые подвергаются ударам кусков руды крупностью от 1,0-1,5 м до 30 мм.

Удары о поверхности загрузочных устройств конвейеров, питателей, грохотов и дробилок приводят к излучению шума от 90 до 100 дБА.

На рис. 1 приведен пример проектных решений отделения дробления и грохочения, где используются более десяти перегрузочных устройств большинство из которых открытого исполнения.

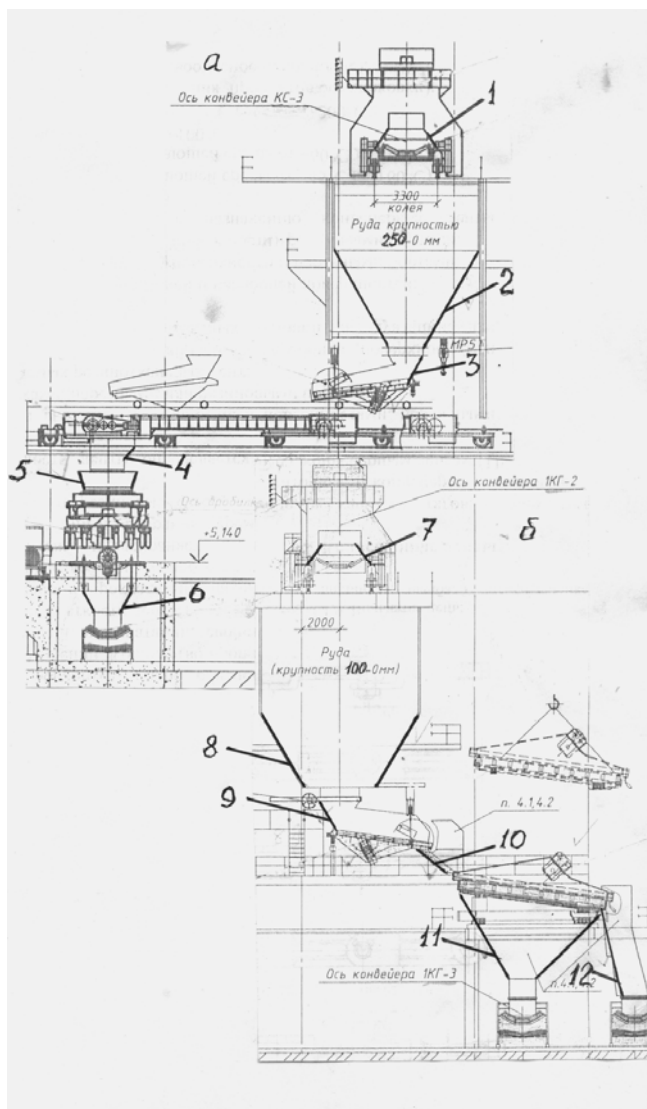


Рис. 1. Корпус второй стадии дробления *а* и корпус грохочения *б* т.1-12 - точки приложения ударных нагрузок

Основным средством защиты поверхностей от абразивного износа являются стальные пластины толщиной 20 мм.

Снижение передачи ударных нагрузок такими футеровками поверхностями перегрузочных устройств не превышает 4-6 дБ, а по мере износа футеровок не превышает 3 дБ.

Излучение такими пластинами внутрь перегрузочных устройств превышает 90-100 дБ.

Проектом предусмотрено, что для обеспечения эффективного транспортирования по перегрузочным устройствам падения кусков руды крупностью до 250 мм осуществляется с высоты 10 м в корпусе дробления, а в корпусе грохочения руда крупностью до 100 мм падает с высоты от 10 до 5 м.

Данные об уровнях звукового давления и звука на площадках обслуживания различного типа оборудования представлены в табл. 1.

О некоторых особенностях излучения ударного шума элементами конструкций перегрузочных устройств, которые используются при гравитационном транспортировании отмечено в работе [4].

Показано влияние высоты падения кускового материала H , их массы m , угла установки элементов перегрузочных устройств α , площади излучающего элемента S и толщины пластины h , которая подвергается удару.

Таблица 1

Место расположения рабочей площадки	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								Уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Уровни звукового давления, дБ									
На площадках загрузочных устройств дробилок:									
I, II стадии дробления	97	100	95	97	93	88	82	72	98
III, IV стадии дробления	104	100	101	104	101	98	92	85	106
На площадке разгрузочных устройств:									
грохотов	95	90	95	97	96	92	73	72	100
вибропитателей	110	93	92	90	88	86	78	62	94

Оценка влияния различных факторов на уровень ударного шума $L_{y\partial}$ может быть выполнена с использованием выражения

$$L_{y\partial} = 101g \frac{m^2(1+\gamma)H \cdot \sin \alpha}{\rho^{1.5} h^{2.5} E^{0.5} \cdot \eta \cdot S} + K, \quad (1)$$

где $\gamma=V_2/V_1$ - коэффициент восстановления; $V_1; V_2$ - скорость предупредного и послеударного взаимодействия; ρ - плотность материала пластины, кг/м^3 ; E - модуль упругости материала пластины, Н/м^2 ; η - коэффициент потерь материала пластины; K - постоянная, зависящая от нулевой величины структурных колебаний; S - площадь излучающей поверхности, м^2 .

В настоящее время для защиты поверхностей от интенсивного износа наиболее распространены футеровки, схемы которых приведены на рис. 2

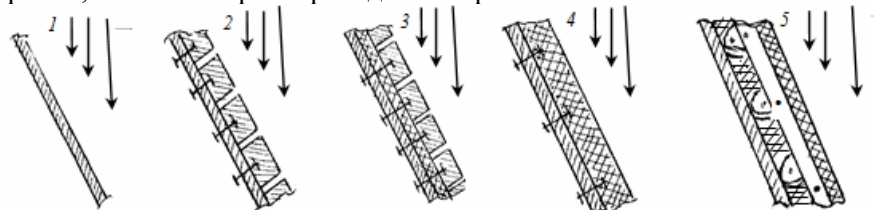


Рис. 2 Схемы футеровок (2-5) на несущем основании (1): 2 - стальная футеровка; 3 - футеровка на упругой прокладке; 4 - резиновая футеровка; 5 - футеровки в виде набора стальных и резиновых пластин

При оценке влияния на снижение ударного шума рассмотрено их способность снижать передачу удара на несущее основание, а также на собственное излучение ударного шума. Последнее важно при использовании перегрузочных устройств открытого типа.

Оценка эффективности таких конструкций выполнена по отношению к излучению несущего основания 1.

Данные об оценке снижения ударного шума в зависимости от параметров несущего основания и футеровок приведены в табл. 2.

Таблица 2

Схема	Параметр	Расчетное выражение
1	h_0	$\Delta L_{y0}=25lg \ h_2/h_1$ h_1 - первоначальная толщина h_2 -толщина после износа
2	$h_0 + h_{\phi}$	$\Delta L'_{y0}=15lg (1+h_{\phi}/h_0)$ h_{ϕ} - толщина стальной футеровки
3	$h_0 + h_{np} + h_{\phi}$	$\Delta L_{y0}=20lg\alpha + 10lg \ m_{\phi}/m_{np} - \Delta L'_{y0} - 3$
4	$h_0 + h_{p\phi}$	$\Delta L_{y0}=40lg \ f/f_0 - \Delta L'_{y0}$ для $150 \leq f \leq 1000$ Гц
5	$h_0 + h_{к\phi}$	$\Delta L_{y0}=20lg\alpha + 10lg \ m_{\phi}/m_{np} - \Delta L'_{y0} - 3$

где α - коэффициент формы элементов упругих прокладок; m_{ϕ} — масса единицы поверхности футеровки, кг/м^2 ; m_{np} - маса единицы поверхности упругой прокладки, кг/м^2 ;

Анализ данных, представленных в табл. 2, позволяет заключить следующее:

при выборе толщины несущей пластины величиной h_0 и увеличении ее в два раза величина снижения ударного шума не превышает $6 \div 7$ дБ во всем диапазоне частот;

при использовании стальной футеровки толщиной в два раза больше h_0 величины снижения ударного шума составит $7 \div 8$ дБ во всем диапазоне частот. При износе толщины футеровки до величины h_0 снижение ударного шума составит $4 \div 5$ дБ;

установка стальной футеровки толщиной $2h_0$ на упругую прокладку из мягких сортов резины позволит получить дополнительное снижение ударного шума по отношению к схеме 2 на 3 дБ с ростом до $4 \div 6$ дБ/октаву в диапазоне частот $f \geq 2f_0$, где f_0 - собственная частота колебаний футеровки на упругой прокладке;

применение резиновой футеровки толщиной $2h_0$ из износостойкой резины позволяет получить дополнительное снижение ударного шума по отношению к схеме 2 на $6 \div 8$ дБ на частоте 150 Гц с последующим ростом на величину $8 \div 10$ дБ/октаву до частоты 1000 Гц. На более высоких частотах эффективность резиновой футеровки остается постоянной и не зависит от ее толщины и частоты;

комбинированная футеровка по схеме 5, набранная из стальных и резиновых полос, которые выступают над стальными в плоскостях опирания и ударов, по эффективности соответствует схеме 4 с учетом изменения коэффициента формы α .

Дальнейшее повышение эффективности снижения ударного шума возможно при уменьшении высоты падения кускового материала, использовании промежуточных консольных жестких

балок с упругим креплением в месте заделки конца консоли и снижения передачи удара слоем руды мелких фракций.

Выводы и направление дальнейших исследований. 1. Представленные схемы футеровок и оценка их эффективности показывает, что не во всех случаях они обеспечивают требуемое снижение ударного шума при гравитационном транспортировании кускового материала, особенно, когда их размеры превышают 100 мм, а высота падения более 0,5 м.

2. Дальнейшие работы должны проводиться с целью создания модели перегрузочного устройства с использованием разделения потока по крупности и снижения передачи удара слоем мелких фракций материала, который транспортируется.

3. Представляет интерес исследования особенностей взаимодействия структурных колебаний пластин при взаимодействии на них воздушных звуковых колебаний и почти периодической последовательности ударов.

Список литературы

1. Калмыков А.В. Борьба с пылью и шумом на обогатительных фабриках. / Калмыков А.В., Журбинский Л.Ф. // -М.: Недра, 1984.-1984.-222 с.
2. В.М. Сторожук. Виробничий шум: природа та шляхи зниження. / За ред. канд. техн. наук Джигиря В.С. Навчальний посібник. - Київ: Основа, 2003.-384 с.
3. Звіт (заключний) по НДР до договору №24/09 від 12 червня 2008 р.- Кривий Ріг, НДІБПГ, 2008.-56 с.
4. В.Д. Афанасьев. О некоторых особенностях излучения и снижения ударного шума при гравитационном транспортировании кускового материала. / В.Д. Афанасьев, А.М. Нечай, Н.А. Раченко // Гірничий вісник. В. 95(1) ДВНЗ КНУ, Кривий Ріг.-с.244-248.
5. Заборов В.И. Защита от шума и вибрации в черной металлургии / Заборов В.И. Клячко Л.Н., Росин Г.С.// -М.: Металлургия, 1976.-248 с.: ил.

Рукопись поступила в редакцию 03.03.14

УДК 504.6: 534.83

В.Д. АФАНАСЬЕВ, канд. техн. наук, Н.А. РАЧЕНКО,
НИИБТГ Криворожский национальный университет
А.М. СТРАСБУРГЕР, ПАО «Криворожжелезрудком»

О ФОРМИРОВАНИИ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ ВОКРУГ ВЕНТИЛЯТОРНОЙ УСТАНОВКИ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ ШАХТ

Приведены данные аналитических и экспериментальных исследований распространения инфразвуковых и звуковых колебаний, создаваемых центробежным вентилятором. Показано, что неравномерность излучения вдоль оси распространения воздушного потока приводит к увеличению уровня звука на 4 дБА по отношению к средним значениям вокруг диффузора вентиляторной установки, а против распространения потока на 8 дБА меньше.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Увеличение глубины добычи горнорудного сырья подземным способом приводит к необходимости увеличения вентиляторных установок главного проветривания шахт или использования более мощных вентиляторов. Одним из факторов, который приводит к ряду социальных проблем, является акустическое загрязнение территорий, выходящие за пределы санитарно-защитных зон для вентиляторных установок и которые не должны превышать зон с радиусом 100 м от центра диффузора вентиляторной установки.

Анализ исследований и публикаций. Известно [1-4], что основными причинами шума вентиляторов являются колебательные процессы воздушной среды (аэродинамический шум) и колебания элементов конструкций, обусловленные воздействиями элементов привода и колебаниями воздушного потока на корпус вентилятора (механический шум).

Для центробежных вентиляторов характерным в образовании аэродинамического шума является пульсация давления при нестационарном обтекании языка спирального кожуха вентилятора и элементов направляющего аппарата в момент прохождения мимо них лопаток колеса (низкочастотные составляющие спектра аэродинамического шума). Область широкополосного среднечастотного и высокочастотного шума определяется пульсациями скорости и давления

воздушного потока на твердых неоднородных поверхностях проточной части вентиляторной установки.

В отдельных случаях повышенный шум вентиляторов при малых окружных скоростях определяется взаимодействием низкочастотных пульсаций давлений с собственными частотами колебаний части объема вентиляционной сети (автоколебательный шум), составляющие которого могут попасть в область инфразвука. По данным исследований вентиляторов шахт Донецка [3] колебания в диапазоне частот 6÷25 Гц были вызваны неправильной установкой лопаток направляющего аппарата и наличием швеллеров-растяжек в кожухе на выходе из колеса. Результаты наших исследований показали, что на расстоянии $R=150$ м в диапазоне частот 2÷16 Гц уровни инфразвуковых колебаний вентиляторов типа ВЦД-31.5 М находятся в диапазоне 70÷63 дБ при предельно-допустимых 105 дБ в указанном диапазоне частот.

Постановка задачи. Решение задач обеспечения нормальных санитарно-гигиенических условий труда для горняков существенно зависит от эффективной системы вентиляции горных выработок, сложность которой повышается с увеличением глубины ведения горных работ. Серьезная проблема возникает при увеличении зон акустического загрязнения окружающей среды, которая может значительно превышать санитарно-защитную зону и захватывать зоны селитебной территории.

Поэтому, получение данных об особенностях формирования звукового поля вокруг вентиляторной установки является важной научной и социальной задачей, решение которой необходимо еще на стадии разработки.

Изложение материала и результатов. В качестве объекта исследований выбрана вентиляторная установка, выполнена по схеме, приведенной на рис. 1 [5].

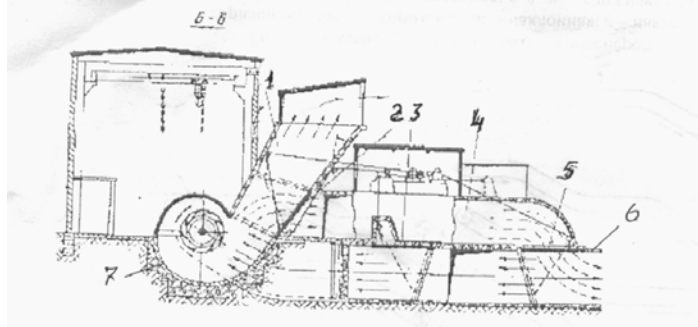


Рис. 1 Схема вентиляторной установки с вентилятором ВЦД-32М: 1 - диффузор; 2 - яляда диффузора; 3 - яляда переключения вентиляторов; 4 - обводной канал; 5 - яляда всасывающей будки; 6 - подводный канал; 7 - вентилятор

Она располагается на сравнительно небольшой площади, что достигнуто за счет расположения обводного канала под подводным и отклонением диффузора вверх от горизонта под

углом 60° вместо горизонтального по обычно принятым схемам.

Предусмотрено расположение надстройки над диффузором с ориентированием выброса воздуха формированием фронта звуковых волн в $1/4$ сферическое пространство. Дополнительно за надстройкой расположено здание вентиляторной установки, которое выше диффузора на 5 м и также является экраном, отражающим звуковые волны в $1/4$ сферического пространства. Высота среза диффузора над уровнем промплощадки достигает 12,5 м.

Известно [3-6], что амплитудные составляющие шума центробежных вентиляторов определяется соотношением радиального зазора между кромками колеса и языком улитки вентилятора, а также шагом лопаток.

Основной шумовой характеристикой вентиляторов является звуковая мощность, которая определяется из выражений

$$L_p = L + 10 \lg Q + 25 \lg H - 25, \quad (1)$$

где L - критерий шума, имеющий смысл уровня звуковой мощности вентилятора при производительности $1 \text{ м}^3/\text{с}$ и полном давлении 1 Па ; Q - производительность вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$; H - полное давление вентилятора, Па.

Для построения частотной характеристики уровней звуковой мощности спектральных составляющих L_p использовано выражение и значение критерия шума в виде эмпирической зависимости

$$L = 105 - 25 \lg f, \quad (2)$$

где f - среднегеометрическая частота октавных полос, Гц.

В октавных полосах частот уровней звуковой мощности аэродинамического шума центробежных вентиляторов следует выделить максимальные составляющие на частотах

$$f = mnz / 60, \quad (3)$$

где $m = 1, 2$; n - частота вращения колеса вентилятора, об/мин; z - число лопаток колеса.

Исследованы особенности излучения шума при изменении режима работы вентилятора ориентировочно со следующими значениями Q и H :

для $n=300$ об/мин: $Q = 93 \text{ м}^3/\text{с}$; $H=760$ Па; $\varphi=0^\circ$;

для $n=600$ об/мин: $Q = 148 \text{ м}^3/\text{с}$; $H=2300$ Па; $\varphi=60^\circ$.

Увеличение звуковой мощности за счет такого изменения Q и H согласно выражения (1) составляет 14 дБ.

Для изучения распределения звуковой энергии в различных диапазонах частот приведены исследования влияния различных факторов на спектральные составляющие шума вентилятора. Сравнительные данные об уровнях звукового давления вентиляторов ВЦД 3,2 и ВЦД 31,5М приведены в табл. 1.

Таблица 1

Уровни звукового давления и уровни звука вентиляторов ВЦД 3,2 и ВЦД 31,5 М на промплощадке

Место измерений	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									Уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Уровни звукового давления, дБ									
ВЦД 3,2; на расстоянии 20÷30 м [3]	88	89	87	86	82	79	75	68	60	83
ВЦД 31,5М; на расстоянии 45 м	77	91	83	74	70	71	64	57	54	76
	85	97	88	81	73	71	70	63	55	77

На рис. 3 представлены спектры звукового давления, измеренные на промплощадке ВУГП ВЦД 31,5М для различных значений n и угла установки лопаток направляющего аппарата φ . Характерным в спектрах является максимальная составляющая на 40 Гц для $n=300$ об/мин и 80 Гц для $n=600$ об/мин.

Увеличение числа оборотов от 300 до 800 об/мин привело к росту уровней звукового давления до 15 дБ практически во всем диапазоне частот от 125 Гц до 8000 Гц.

Спад уровней звукового давления в диапазоне частот 250÷8000 Гц составляет 5,7 дБ/октаву.

Изменение максимума в спектре уровней звукового давления от 40 Гц до 80 Гц происходит за счет изменения числа оборотов рабочего колеса вентилятора n , имеющем 8 лопаток от 300 об/мин до 600 об/мин.

Это приводит к повышению восприятия звуковых колебаний (рис.2). Для кривой равной громкости с уровнем 40 фон восприятия при 40 Гц составляет 77 фон, а на частоте 80 Гц - 63 фон, т.е. на 14 дБ возросло восприятие звуковых колебаний.

Для учета влияния Q и H на величины изменений уровней звуковой мощности или уровни звукового давления использовано выражение

$$\Delta L_p(\Delta L) = \Delta Q + \Delta H = 10 \lg Q + 25 \lg H \quad (4)$$

для значений Q , H и φ при $n=600$ об/мин, полученных в результате исследований шума вентилятора ВЦД 31,5М в производственных условиях.

Результаты измерений и расчетов приведены в табл. 2.

Результаты расчетов показывают, что изменение Q и H за счет изменения угла установки направляющего аппарата φ приводит к изменению уровней звуковой мощности в пределах 2÷3 дБ.

Таблица 2

Данные для определения диапазона изменений ΔL_p или ΔL

φ , град	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	$H, \text{Па}$	$10 \lg Q, \text{дБ}$	$25 \lg H, \text{дБ}$	$\Delta L_p(\Delta L), \text{дБ}$	$\Delta Q/\Delta H$	$\Delta Q/\Delta L_p$
0	196	2740	22,9	86,00	108,90	26,62	21,03
40	184	2490	22,6	84,75	107,35	26,67	21,05
40	200	2700	23,0	85,75	108,75	26,82	21,15
60	148	2300	21,7	84,00	105,70	25,832	20,52

Результаты исследований позволяют заключить следующее:

изменение угла установки лопаток направляющего аппарата φ от 0° до 45° приводит к увеличению уровней звукового давления в пределах $2 \div 3$ дБ;

изменение числа оборотов от 300 об/мин до 600 об/мин приводит к росту уровней звукового давления на $10 \div 15$ дБ в диапазоне частот от 125 Гц до 8000 Гц;

максимальные составляющие в спектрах звукового давления для $n=600$ об/мин находятся в октавной полосе со среднегеометрической частотой 63 Гц (на частоте 80 Гц). Спад уровней с увеличением частоты находится в пределах $5,6 \div 5,7$ дБ/октаву в диапазоне частот $63 \div 4000$ Гц;

с увеличением расстояния от 45 м до 200 м уровни звукового давления на частоте 63 Гц изменяются от 82 дБ до 74 дБ, а при увеличении расстояния до 850 м до 62 дБ.

На основании данных аналитических и экспериментальных исследований построены спектры звуковой мощности центробежного вентилятора со стороны нагнетания для $Q=90$ м³/с, $H=700$ Па, $n=300$ об/мин, $z=8$, а также уровни звуковой мощности вентиляторов ВЦД 31,5М (по результатам натурных измерений) и ВЦД 31,5М (заводские данные) для $n=600$ об/мин.

Использование представленных данных позволило представить шумовые характеристики вентиляторов ВЦД 31,5М в виде спектров уровней звуковой мощности в диапазоне частот $63 \div 8000$ Гц.

В диапазоне до 200 Гц просматривается влияние тональных составляющих, которые определяются особенностями взаимодействия лопаток рабочего колеса с языком улитки вентилятора.

Спектры звуковой мощности также подтверждают существенное влияние числа оборотов колеса на уровни звуковой мощности.

Повышение уровней звуковой мощности до $14 \div 15$ дБ в диапазоне частот от 250 Гц при изменении числа оборотов от 300 до 600 об/мин.

Одним из важных показателей, которые определяют формирование звукового поля вокруг источника шума, является коэффициент направленности [6, 7]

$$\Phi = P^2 / P_{cp}^2, \quad (5)$$

где P - звуковое давление в заданном направлении на расстоянии R от источника шума, Н/м²; P_{cp} - звуковое давление от данного источника, усредненное по всем направлениям, на том-же расстоянии от него, Н/м².

Неравномерность излучения источника шума выражается также показателем направленности

$$L_\phi = 10 \lg \Phi = L - L_{cp}, \quad (6)$$

где L - уровни звукового давления излучателя шума в заданном направлении на расстоянии R , дБ; L_{cp} - усредненный уровень звукового давления на расстоянии R по заданным направлениям.

При определении показателя направленности излучаемого объекта приняты следующие условия:

измерения уровней звукового давления выполнены по направлениям $1 \div 4$, показанным на рис. 2.

В качестве исходных использованы данные об уровнях звукового давления для $R=400$ м;

при расчетах использованы результаты измерений уровней звукового давления для $R=50$ м по указанным направлениям;

принято, что ослабления уровней звукового давления от $R_1=50$ м до $R_2=400$ м происходит по закону $\Delta L=6$ дБ/2R, что соответствует условию распространения звуковых волн в открытом пространстве (рис. 2).

Данные для расчета L_ϕ по принятым направлениям приведены в табл. 3.

Отличие данных расчетных и измеренных уровней звука определяется звукопоглощением зеленых насаждений и отражением от зданий и сооружений (направления 2,3 и 4) и экранирования зданием вентиляционной установки и другими сооружениями (направление 1).

Таблица 3

К расчету показателя направленности

Направление	Уровни звука, дБА (R=50 м)	Уровни звука, дБА (R=400м, расчетная)	Уровни звука, дБА (R=400 м, измеренные)	Средний уровень звука, дБА (R=400 м)	Разность уровней $L-L_{cp}$, дБА
1	61	43	40	51,46	-8
2	54	49	49		-2
3	74	56	58		4
4	54	49	49		-2

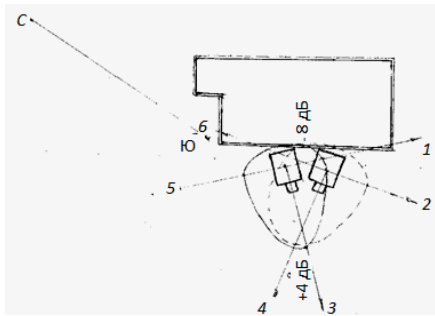


Рис. 2. Формирование показателя направленности для действующей вентиляторной установки

Результаты измерений и расчетов показывает (рис. 3), что в направлении 3 происходит концентрация звуковых колебаний и повышения уровня звука на 4 дБА по отношению к средним значениям вокруг диффузора вентиляторной установки.

В направлении 2 и 4 уровни звука на 2 дБА ниже, чем средние.

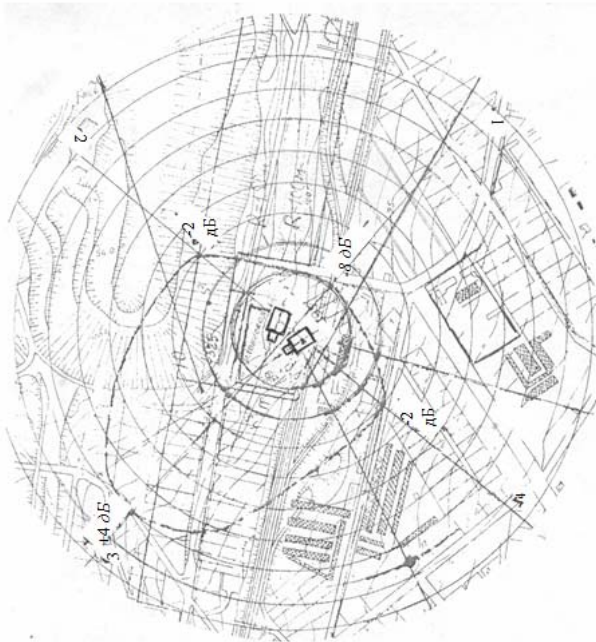


Рис.3. Диаграмма формирования фронта звуковых колебаний вентиляторной установки ВЦД 31.5М на селитебной территории: - по направлению 1- $L_{\phi}=-8$ дБ; по направлению 2 и 4- $L_{\phi}=-2$ дБ; по направлению 3- $L_{\phi}=\pm 4$ дБ

В направлении 1 уровни звука на 8 дБА ниже, чем средние. Данное определилось направленностью фронта звуковых волн за счет сооружения над диффузором, излучением звуковых колебаний в $\frac{1}{4}$ сферы, а также экранированием звуковых волн зданием вентиляционной установки.

Выводы. Рассматриваемая компоновка выполнения вентиляторной установки с точки зрения ее шумовых характеристик является наименее удачной по следующим причинам:

увеличенной высотой выброса воздушного потока и формирования фронта звуковых колебаний. Что затрудняет использова-

ние акустического экранирования;

созданием акустического излучателя с повышенным показателем направленности со стороны направленного излучения звуковых волн в $\frac{1}{4}$ сферы.

Даже при использовании в конструкции вентилятора ВЦД 31.5 М колеса с загнутыми назад лопатками он является источником повышенных уровней звукового давления в помещении вентиляторной установки и на промплощадке в пределах радиуса санитарно-защитной зоны с радиусом $R=100$ м.

Величина акустического загрязнения селитебной территории достигает величины с радиусом $R \geq 1500$ м для открытого пространства и до величины с радиусом $R=1000$ м при наличии зеленых насаждений, зданий и сооружений.

Данные об особенностях излучения инфразвуковых и звуковых колебаний вентиляторных установок главного проветривания шахт позволяет на стадии разработки вентиляторов и проектирования предусмотреть еще до выбора активных средств снижения шума:

оценить влияние на окружающую среду и жилые территории более мощных вентиляторов с увеличенным диаметром рабочего колеса и пониженным числом оборотов и особенно повышенное излучение инфразвуковых и низкочастотных составляющих воздушных колебаний;

поставить вопрос о более детальном исследовании низкочастотных колебаний на психическое состояние жителей поселков, территорий которых постоянно приближаются к границе санитарно-защитных зон на территории вентиляторных установок;

начать поисковые работы по определению методов и средств эффективных средств низкочастотных колебаний в воздушной среде.

Список литературы

1. Физика аэродинамических шумов. Сб. науч. статей под ред. докт. физико-математ. наук, профессор А.В. Римского-Корсакова. Акустич. институт АН СССР, -М.: Наука, 1967.-106 с.: ил.

2. В.Д. Афанасьев. Методы борьбы с шумом и вибрациями в горнорудной промышленности. / В.Д. Афанасьев, А.А. Животовский, В.Ф. Калинин, Б.Я. Конограй//Под ред. к.т.н. В.П. Трофимова.- УкрНИИ НТИ -1969, -40 с.,-ил.
3. Г.А. Хорошев. Борьба с шумом вентиляторов. / Г.А. Хорошев, Ю.И. Петров, Н.Ф. Егоров //- М.: Энергоиздат, 1981.-144 с., ил.
4. Юдин Е.Я. Борьба с шумом шахтных вентиляторных установок. / Юдин Е.Я., Терехин А.С. // -2-е изд. перераб. и доп. -М.: Недра. 1985.-191 с., ил.
5. Ивановский И.Г. Шахтные вентиляторы. Ивановский И.Г. /Учеб. Пособие //.—Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2003. – 196 с. ил. 86, табл. 7.
6. Заборов В.И. Защита от шума и вибрации в черной металлургии. / Заборов В.И., Клячко Л.Н., Росин Г.С. // -М.: Металлургия,-1976.-248 с., ил.
7. Борьба с шумом. Под ред. д-ра техн. наук проф.Б.Я. Юдина.-М.: Стройиздат.-701 с.: ил.

Рукопись поступила в редакцию 03.03.14

УДК 621.311

И.О. СИНЧУК, канд. техн. наук, доц., А.О. АНТОНЕНКО, аспирант
Криворожский национальный университет

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ШАХТАХ

Выполнен анализ организационных мероприятий и технических решений, направленных на улучшение показателей качества электроэнергии при питании потребителей железорудных шахт. Задача работы заключается в доказательстве следующей мысли: для достижения необходимого уровня качества электроэнергии недостаточно лишь наличия необходимого измерительного оборудования. Определяющим фактором в этом вопросе является разработка и внедрение комплекса технико-организационных мероприятий, направленных на реальное повышение качества электроэнергии, передаваемой потребителям. Приведена структура и места проведения мероприятий по повышению качества электроэнергии. В ходе анализа указанных мероприятий показано, что в первую очередь необходимо определить причины недопустимого снижения качества электроэнергии. После этого следует наметить возможные пути улучшения качества энергии и провести их технико-экономический анализ, по результатам которого и принимать необходимые меры.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Контроль качества электроэнергии является одним из важнейших принципов эффективного энергоснабжения промышленных потребителей. Но надлежащее внимание данному вопросу начало уделяться лишь с появлением на рынке сертифицированных измерительных приборов [2,14]. Как показывают исследования, контроль качества электроэнергии на промышленных предприятиях, в том числе на железорудных шахтах и рудниках, есть недостаточным [1,8]. Железорудные шахты относятся к крупным потребителям электроэнергии, и являются важнейшими промышленными предприятиями страны. Поэтому нельзя допустить снижение качества их электроснабжения, в том числе и с точки зрения показателей качества электроэнергии [4,9].

Анализ исследований и публикаций. Исследования работ по данной теме показывают, что основное внимание при разработке методик повышения ПКЭ, уделяется высоковольтным общепромышленным электрическим сетям [1]. В то время как уровни напряжения 10, 6, 0.4 кВ являются основными для железорудных шахт и требуют более глубокого анализа. Также имеет место тот факт, что на промышленных предприятиях в большинстве случаев осуществляется лишь постоянный контроль частоты и напряжения на шинах понижающих подстанций; остальные параметры качества электроэнергии (ПКЭ) не всегда контролируются [4].

Постановка задачи. На большинстве предприятий при проектировании питающих электрических сетей в основном рассматриваются вопросы совместимости электрооборудования, вопросам же нормализации ПКЭ внимание практически не уделяется. Целью работы есть раскрытие следующей мысли: для достижения удовлетворительного уровня контроля регулирования ПКЭ недостаточно просто наличия необходимого измерительного оборудования. Основным фактором в этом вопросе является разработка и внедрение комплекса технико-организационных мероприятий, направленных на реальное повышение качества электроэнергии, передаваемой потребителям.

Изложение материала и результаты. Контроль параметров электроэнергии проводится с целью проверки соответствия значений показателей нормам соответствующих стандартов [3,5]. При несоответствии ПКЭ нормативным требованиям на основании результатов контроля устанавливаются причины несоответствия и разрабатываются мероприятия, направленные на нормализацию параметров качества [15]. Результаты контроля позволяют также проверить соответствие проектных расчетов фактическим данным эксплуатации, рассчитать параметры технических средств, предназначенных для улучшения ПКЭ, а также разработать необходимые эксплуатационные мероприятия [1]. Контроль ПКЭ, как и других режимных параметров, осуществляется постоянно или периодически. Основные положения по контролю и анализу КЭ устанавливаются стандартами на качество электроэнергии [3]. Для производства измерений используются специальные приборы, определяющие статистические характеристики ПКЭ за период изменения [8,14]. В настоящее время промышленные предприятия Украины не в достаточной мере обеспечены такими приборами. Это обстоятельство значительно препятствует решению задачи повышения качества электроэнергии (КЭ) на предприятиях, в том числе и железнодорожных.

Контроль КЭ производится на границе раздела балансовой принадлежности электрических сетей энергоснабжающей организации и потребителя или в других пунктах сети, принятых по согласованию между энергоснабжающей организацией и потребителем, в эксплуатационных режимах, соответствующих нормальному и длительному ремонтному схемам электроснабжения [5]. В качестве пунктов контроля отклонения напряжения выбирают шины центра питания и границы раздела электрических сетей электроснабжающей организации с потребителями. Длительность измерений при контроле отклонения напряжения для предприятий с непрерывным производством должна составлять – не менее одних суток; во всех остальных случаях – не менее двух рабочих и один не рабочих суток. При наличии теле-механизированного диспетчерского пункта нужно реализовать постоянное телеизмерение напряжений на контролируемых пунктах [6].

При нестабильном графике нагрузки необходим эпизодический контроль отклонения напряжения на шинах наиболее ответственных потребителей [7]. В объем мероприятий по контролю отклонения напряжения включается также периодический контроль уставок авторегуляторов напряжения, трансформаторов возбуждения и синхронных двигателей.

В качестве пунктов контроля напряжения выбираются крупные подстанции предприятия, измерения производятся на шинах высшего напряжения главных понижающих подстанций (ГПП) и главных распределительных пунктов (ГРП) при подключении новых резкопеременных нагрузок.

Следует отметить, что в проектах электроснабжения не всегда учитываются требования, связанные с обеспечением КЭ. При рассмотрении проектной документации руководство предприятий должно настаивать на том, чтобы соответствующие нормативы были учтены.

Энергетические службы предприятий должны обеспечивать КЭ на границе раздела балансовой принадлежности электрических сетей в соответствии с договором на пользование электроэнергией, что в ряде случаев затруднительно при существующей системе электроснабжения.

В последнем случае необходимо составить техническое задание и потребовать от генерального проектировщика разработки проектной документации на комплекс мероприятий по нормализации ПКЭ.

Необходимость контроля и нормализации ПКЭ [10] не влечет за собой перестройку организационной структуры управления энергохозяйством. При системе децентрализованного управления оперативные вопросы улучшения КЭ, возникающие в процессе эксплуатации, должны решаться дежурным персоналом цеха сетей и подстанций. Если распределительные устройства крупных цехов находятся полностью в ведении энергетика или электрика цеха, должна быть обеспечена передача персоналу электроцеха необходимой информации о значениях ПКЭ. На предприятиях, где уже организована централизованная система управления энергохозяйством, эти вопросы должен полностью решать дежурный персонал электроцеха. Все эти случаи недопустимых отклонений ПКЭ от нормированных пределов, а также последствия этих отклонений для предприятия должны быть подробно описаны персоналом в сменных журналах; результаты анализа этих случаев, а также рекомендуемые мероприятия по нормализации КЭ должны быть пояснены персоналу.

Энергетическому бюро или соответствующей ему службе отдела главного энергетика необходимо пересмотреть должностные и другие инструкции для эксплуатационного персонала, включив в круг обязанностей начальников смен и дежурных инженеров обеспечение контроля КЭ и реализацию мероприятий по нормализации соответствующих значений ПКЭ. В инструкциях должны быть указаны также виды контроля, периодичность, методы и средства проведения, лица, осуществляющие контроль, и необходимые мероприятия по технике безопасности. Для осуществления контроля должен привлекаться также персонал электротехнических лабораторий.

Рациональной формой контроля является централизованный диспетчерский контроль, осуществляемый дежурным диспетчером с теле-механизированного диспетчерского пункта. На пульте диспетчера устанавливаются приборы для постоянного телеизмерения контролируемых параметров КЭ.

Оборудование диспетчерского пункта устройствами телеуправления, позволяющими осуществлять дистанционное управление специальными корректирующими устройствами улучшения КЭ, не целесообразно.

На ряде крупных предприятий при отделе главного энергетика или электроцехе созданы группы расчетов режимов электрических сетей, в обязанности которых входит выполнение расчетов токов короткого замыкания (КЗ) и уставок релейных защит, устойчивости генераторов и электродвигателей, определение параметров различных регулирующих устройств.

Также должны приводиться расчеты, необходимые для нормализации ПКЭ [12,13], разрабатываться рекомендации по созданию нормальных и ремонтных схем электроснабжения, при которых обеспечиваются требуемые значения ПКЭ. Необходимо также организовать обучение персонала вопросам нормализации КЭ. На рис. 1 приведена структура мероприятий по обеспечению КЭ [1,2].

В конкретных условиях взаимное влияние электрических сетей (ЭС) и потребителей, а также влияние их на ПКЭ могут быть весьма сложными, в связи с чем однозначное решение применить во всех случаях не удастся. Все особые случаи должны быть оговорены в договоре на пользование электроэнергией.

В планы организационно-технических мероприятий по снижению потерь электроэнергии, ежегодно составляемые на предприятиях, целесообразно включать также эксплуатационные мероприятия по улучшению КЭ.



Рис.1. Структура мероприятий по обеспечению качества электроэнергии

К ним могут относиться, например, пересмотр нормальных и ремонтных схем электроснабжения, выбранных ответвлений на трансформаторах, установление рациональных режимов возбуждения синхронных двигателей, перераспределение однофазных нагрузок, оборудование фильтрокомпенсирующих (ФКУ) и ряд других устройств [11].

Вывод. В данной работе рассматриваются организационные мероприятия и технические решения, направленные на улучшение показателей качества электроэнергии, при электроснабжении железнодорожных шахт.

Установлено, что при разработке организационно-технических мероприятий, направленных на улучшение качества энергии, необходимо прежде всего выявить причины его понижения (недопусти-

мо большие потери напряжения в сети, дефицит реактивной мощности в узле нагрузки, неправильный закон регулирования напряжения, неправильный выбор ответвлений обмоток цеховых трансформаторов, неравномерное распределение нагрузок по фазам и т. п.). После этого следует наметить возможные пути улучшения качества энергии и провести их технико-экономический анализ, по результатам которого и принимать необходимые меры.

Список литературы

1. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. - М.: Энергоатомиздат, 2000. - 252 с.
2. Кузнецов В.Г., Григорьев А.С., Лысенко А.Т. Симметрично-компенсирующие устройства для изменяющихся несимметричных электротехнологических нагрузок // Промышленная энергетика. 1992. № 7-8. С.37-41.
3. ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2012. – 16 с.
4. Качество электрической энергии горных предприятий: монография / Н.М. Кузнецов, Ю.В. Бебихов, А.В. Самсонов, А.Н. Егоров, А.С. Семенов. – М.: Издательский дом Российской Академии Естествознания, 2012. – 68 с.
5. Правила присоединения потребителя к сети общего назначения по условиям влияния на качество электроэнергии // Промышленная энергетика 1991. №8. С.45-48.
6. Кузнецов Н.М., Семенов А.С. Система мониторинга показателей качества электроэнергии на горных предприятиях // Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах: сборник статей III Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012. – С. 35-37.
7. Искажение формы питающего напряжения в сетях электроснабжения при наличии полупроводниковых преобразователей / А.Е. Козярук, Н.М. Кузнецов, О.В. Федоров, А.О. Свириденко // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. -№6. – С. 30-35.
8. Оценка работы фильтров в системах электроснабжения горнодобывающих предприятий по результатам контроля качества электроэнергии / А.Е. Карташев, В.Н. Тульский, Н.М. Кузнецов, М.Г. Симуткин, Р.Р. Насыров // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. - №7. – С. 16-19.
9. Проблемы установления ответственности за ухудшение качества электрической энергии и пути их решения / В. С. Соколов, М. А. Ермилов, А. В. Серков и др. - Промышленная энергетика, 2000, № 8.
10. Белоусов В. Н., Железко Ю. С. Отражение в договорах на электроснабжение вопросов качества электроэнергии и условий потребления и генерации реактивной энергии. — Промышленная энергетика, 1998, № 11.
11. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. М.: Энергоатомиздат, 1985.
12. Зыкин Ф.А. Определение степени участия нагрузок в снижении качества электроэнергии // Электричество. 1992. №11. С. 13-19.
13. Музиченко О.Д. Сучасний стан та шляхи встановлення відповідальності приймачів за погіршення якості електричної енергії // Технічна електродинаміка. 1998. №1. С. 61-65.
14. Птицын О.В. Аппаратные средства контроля качества электрической энергии // Промышленная энергетика. 1999. №5. С. 41-42.
15. Яценко А.А., Кошелева Д.Н., Овчинникова Г.М. Атлас технических предложений по обеспечению качества и эффективности преобразования энергии в системах электроснабжения промышленных предприятий. Тольятти: Изд-во Тольяттинского политехнического института. 1990.

Рукопись поступила в редакцию 11.03.14

УДК 621.316

О.Н. СИНЧУК¹, д-р техн. наук, проф., И.И. ПЕРЕСУНЬКО, аспирант
Криворожский национальный университет

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ШАХТ И ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В статье приведен обзор существующих основных показателей электроэнергии на горнопромышленном предприятии. Цель работы показать, что существует проблема качества электроэнергии на шахтах что ведет к снижению энергоэффективности предприятия. И предложено решение проблемы осуществить переход на более высокий уровень напряжения распределительных сетей. Повышение напряжения, как правило, улучшает технико-экономические показатели системы электроснабжения предприятия, одновременно улучшается и качество электроэнергии у потребителей.

Ключевые слова: отклонение напряжения, колебание напряжения, качество электрической энергий.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Основным решением проблемы электроснабжения горных предприятий является соблюдение безопасности, обеспечения оптимальной надежности в схемах, обеспечение электроприемников (ЭП) необходимым качеством питающего напряжения во всех режимах работы старого и нового горнотранспортного оборудования и, кроме того, утвержденная система электроснабжения должна быть экономически наиболее выгодна.

Наиболее эффективным решением проблемы является повышение качества напряжения для старого и нового горнотранспортного оборудования. Требуется осуществить переход на

более высокий уровень напряжения распределительных сетей. Повышение напряжения, как правило, улучшает технико-экономические показатели системы электроснабжения предприятия, одновременно улучшается и качество электроэнергии у потребителей.

Анализ исследований и публикаций. В литературе обсуждаются различные способы повышения качества питающего напряжения при основных показателях электроэнергии [1,2,6].

Были предложены различные решения по надежности электроснабжения в значительной степени зависят от качества электроэнергии ЭП [5,6]. В данной работе решаются вопросы оценки и улучшения показателей качества электроэнергии как при эксплуатации, так и на стадии проектирования систем электроснабжения горизонтов железорудных шахт.

Цель исследований. Возможность передачи большей мощности и лучшего качества напряжения по кабельным линиям меньшего сечения и снижении потерь электроэнергии при переходе на перспективные уровни напряжения для нового электрооборудования железорудных шахт.

Изложение материала и результаты. Качество электроснабжения определяется эксплуатационной надежностью и качеством электроэнергии в сетях. В то же время, как показывают результаты проведенных исследований, надежность электроснабжения в значительной степени зависит от качества электроэнергии у шахтных потребителей [1,3,4,6].

В данной работе решаются вопросы оценки и улучшения показателей качества электроэнергии как при эксплуатации, так и на стадии проектирования систем электроснабжения горизонтов железорудных шахт.

Качество электроэнергии оценивается рядом показателей [6]. Согласно к ним относятся отклонения и колебания - напряжения и частоты; несимметрия напряжения промышленной частоты и искажение синусоидальной формы кривой напряжения. Нормированные значения показателей качества электроэнергии не должны быть превышены с интегральной вероятностью $P_i > 0,95$.

Для заданных пределов изменения показателя последнее требование представляется в виде неравенства

$$P[x_{i \text{ мин}} \ll x_i \ll x_{i \text{ макс}}] \ll 0,95.$$

где x_i - значение рассматриваемого i -го показателя качества электрической энергии.

Наиболее распространенные электроприемники шахтного оборудования - асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, величина максимального момента которых прямопропорциональна квадрату напряжения и обратно пропорциональна квадрату частоты. При напряжении в шахтных сетях, отличном от номинального, кратность максимального момента определяется

$$b_i = b_n \frac{K_{U_i}^2}{K_f}$$

где K_{U_i}, K_f - кратность, соответственно, частоты и действующего значения напряжения к номинальному; b_n - кратность максимального перегрузочного момента.

Отклонение частоты: определяется алгебраической разностью фактическим и номинальным значениями частоты при медленных изменениях (приращениях)

$$\Delta f = \Delta f_{\text{ф}} - f_n \quad \text{или} \quad \Delta f\% = \frac{f_{\text{ф}} - f_n}{f_n}.$$

Допускают отклонение частоты в пределах $\pm 0,2\%$ ($+0,1$ Гц); временная работа систем допускается с изменениями частоты в энергосистеме $+0,4\%$ ($+0,2$ Гц). В системе электроснабжения возможны также кратковременные быстрые колебания частоты, которые не должны превышать $0,2$ Гц сверх допустимых значений частоты. В аварийном положении при резком снижении частоты предусматривается автоматическая частотная разгрузка (АЧР), отключающая менее ответственные потребители в порядке заранее усиленной очередности.

Шахтные потребители практически не могут влиять на регулирование частоты в системе, поэтому показатели качества частоты подлежат анализу и исследованиям при решении вопросов обеспечения надежности электроснабжения питающих сетей энергосистем. Остальные показатели качества электрической энергии зависят, главным образом, от индивидуальных осо-

бенностей ЭП, режима электропотребления, а также правильного выбора средств и законов регулирования.

С целью комплексного решения вопросов оптимизации электроснабжения подземных потребителей, на железорудных шахтах Кривбасса будут проведены исследования путем производства измерений каждого из показателей качества электроэнергии, главным образом, режимных показателей качества напряжения; изменения значений которых, в основном зависят от специфики работы электроприводов выемочно-доставочного и проходческого оборудования. При исследовании показателей качества напряжения также проанализированы причины, влияющие на: изменение указанных критериев оценки и их воздействие на работу шахтных электропотребителей.

Одним из важнейших режимных показателей качества напряжения, вызывающим наибольшее влияние на эффективность работы ЭП, является отклонение напряжения δU_i . В связи с этим при исследовании особое внимание уделяется анализу режимов напряжения, с выполнением конкретной задачи при проведении исследования δU_i - получением и обработкой информации.

Система электроснабжения железорудной шахты имеет большую разветвленность распределительных сетей, что затрудняет сбор необходимой информации. В этой связи существенным является выбор метода проведения экспериментальных исследований и правильность его технического обеспечения.

Отклонение напряжения. Под ним понимают медленное (статическое) изменение напряжения со скоростью менее 1 % в секунду, вызванное изменением нагрузки во времени. Оценивается отношением разности между фактическим напряжением сети U_c и номинальным напряжением к номинальному напряжению $U_{ном}$, выраженным в процентах

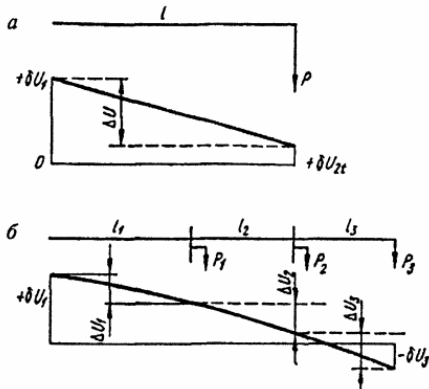
$$V = \frac{U_c - U_{ном}}{U_{ном}} 100.$$

Отклонение напряжения может быть положительным, если $U_c > U_{ном}$ и отрицательным, если $U_c < U_{ном}$.

Если известно отклонение напряжения в начале линии V_1 и потеря напряжения в линии ΔU , то отклонение в конце линии в момент времени t можно определить как (рис. 1)

$$U_{2t} = U_{1t} - \Delta U.$$

Рис. 1. Отклонение напряжения в конце линии: а - один участка; б - три участка



При n участков в сети отклонение напряжения в конце последнего участка, будет

$$V_{nt} = V_{1t} - \sum_1^n \Delta U_t.$$

На рис. 1б линия представлена тремя участками и отклонение напряжения V_{3t} , - отрицательное.

Если в сеть включены регулирующие устройства, то к отклонению напряжения в начале сети необходимо прибавить добавочные напряжения, создаваемые этими устройствами. Тогда отклонение в любой точке сети будет

$$V_{nt} = \sum V_t - \sum_1^n \Delta U_t$$

Колебание напряжения. Быстро протекающее кратковременное изменение напряжения (со скоростью более 1 % в сек) называют колебанием напряжения. Оно оценивается размахом и частотой изменения напряжения, а также интервалом времени между изменениями. Размах изменения напряжения δU (рис. 2) определяется разностью между следующими друг за другом наибольшими U_{max} и наименьшими U_{min} действующими значениями напряжения т.е.

$$\delta U = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{ном}} 100.$$

Другой оценкой колебания напряжения служат частота изменения напряжения

$$F = \frac{m}{T} \left(\frac{1}{c}; \frac{1}{\text{МИН}}; \frac{1}{\text{Ч}} \right)$$

где m - количество изменений напряжения со скоростью изменения более 1 % в сек за время T и интервал Δt (рис. 3) между следующими друг за другом изменениями напряжения.

Колебания напряжения дополнительно можно оценить *глубиной провала* напряжения по формуле

$$\delta U_{\text{п}} = \frac{U_{\text{НОМ}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{НОМ}}} 100.$$

где U_{min} - минимальное действующее напряжение в течение провала напряжения.

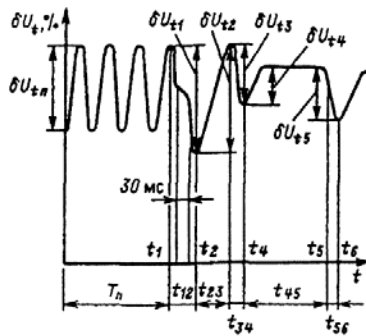


Рис. 2. Размах изменения напряжения

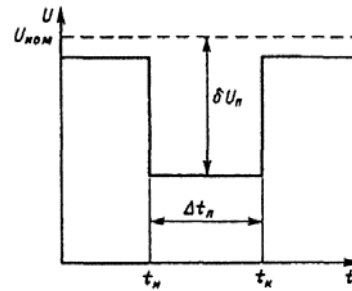


Рис. 3. Глубина провала напряжения

Устанавливаемый допустимый диапазон отклонений напряжения, не должны выходить за пределы -5% , $+10\%$ у электродвигателей и аппаратов их пуска и управления. Для электрических ламп и прожекторных установок повышение напряжения не должно быть более $+5\%$, а снижение не более $-2,5\%$ для внутреннего освещения предприятий и не более -5% для освещения жилых домов, На зажимах остальных ЭП допускаются отклонения напряжения в пределах $\pm 5\%$ номинального [6,7].

Указанные нормативы основаны на опыте развития электроэнергетики многих стран и являются компромиссными границами оптимальности режима напряжения для сети и совокупности ЭП.

По результатам ряда работ установлено, что для большинства ЭП и питающей сети более экономичны отрицательные, а не положительные отклонения напряжения (в пределах норм). Например, в США “благоприятный” диапазон δU равен $+4\%$, -8% .

Верхнее предельное значение напряжения ограничивается, величиной, при которой у ближайших потребителей обеспечивается напряжение не выше максимально - допустимых уровней на протяжении всех суток, а у остальных потребителей - ниже максимально допустимых. Нижнее предельное значение напряжения, при котором у самых удаленных потребителей на протяжении исследуемого периода напряжение не ниже минимально допустимых уровней, а у остальных - выше него.

В соответствии с установленными нормативами на границах раздела с потребителями при смешанной силовой и осветительной нагрузке допускаются отклонения напряжения в пределах $-2,5\%$, $+5\%$ номинального.

Для поддержания оптимальных уровней напряжения на подстанции задаются графики предельных значений напряжения для контрольных точек с периодической проверкой не реже раза в квартал. Верхний предел рабочего напряжения определяется допустимым напряжением на оборудовании подстанций. При этом допустимым напряжением по условиям изоляции является: для шин 35 кВ - величина напряжения 40,5 кВ, и для шин 6 кВ - напряжение 6,9 кВ.

Каждый приемник электроэнергии имеет наилучшие технико-экономические показатели при определенном оптимальном напряжении на его зажимах. Отклонение напряжения от оптимального приводит к изменению технико - экономических показателей приемников электрической энергии. При изменении напряжения меняются также показатели самой сети, в основном за счет изменения потерь мощности и энергии. Таким образом, отклонения напряжения в отдельных точках сети оказывают влияние на всю систему электроснабжения предприятия.

В настоящее время наиболее распространенными приемниками электрической энергии в подземных выработках шахт горнорудной промышленности являются асинхронные двигатели, которые используются для привода самых разнообразных механизмов.

В табл. 1 приведены данные влияния отклонений напряжения в пределах от -10 % до +10% на характеристик V_{nt} и асинхронных электродвигателей.

Таблица 1

Характеристики двигателей	Изменение характеристики при изменении напряжения	
	- 10 %	+10 %
Пусковой и максимальный вращающий момент	- 19%	+ 21 %
Синхронная частота вращения		
Скольжение, %	+ 23 %	- 17 %
Частота вращения при номинальной нагрузке	- 1,5 %	+ 1 %
Кoeffициент полезного действия:		
При номинальной нагрузке	- 2 %	+ 1 %
При нагрузке 75 %		
При нагрузке 50 %	- 1 % / - 2 %	+ 1% / + 2 %
Кoeffициент мощности при нагрузке :		
100 %	+ 1 %	- 3 %
75 %	+ 2 % / + 3 %	- 4 %
50 %	+ 4 % / + 5 %	- 5 % / - 6 %
Ток ротора при номинальной нагрузке	+ 14 %	- 11 %
Ток статора при номинальной нагрузке	+ 10 %	- 7 %
Пусковой ток	+ 10 % / + 12%	- 10 % / - 12 %
Прирост температуры обмотки при номинальной нагрузке	+ 5 % / + 6 %	Практически без изменения

При изменении напряжения сети по сравнению с номинальным активная мощность на валу асинхронного двигателя остается практически постоянной, однако изменяются потери активной мощности в нем, что может вызвать перерасход или получить экономию электрической энергии. Реактивная мощность при этом существенно меняется. Для приближенных расчетов можно принять, что для двигателей единой серии А мощность от 20-100 кВт повышение напряжения на 1% приводит к росту реактивной мощности на 3%, а для двигателей меньшей мощности на 5-7%.

Значительный ущерб промышленным предприятиям наносит сокращение срока службы асинхронных двигателей, работающих с большой загрузкой и пониженным напряжением. Расчеты показывают, что наиболее выгодным с точки зрения увеличения срока службы двигателей является номинальное напряжение или напряжение выше номинального.

Частота вращения асинхронных двигателей меняется в зависимости от подведенного напряжения.

Вывод. Отклонение напряжения существенно влияет на работу осветительных установок. От подведенного напряжения зависят световой поток, освещенность, срок службы, потребляемая мощность и КПД осветительных приемников электрической энергии.

Необходимость проведения мероприятий по улучшению качества напряжения в электрических сетях. При отклонениях напряжения у приемников электроэнергии выше нормы целесообразно не устанавливать средства регулирования напряжения, которые увеличивают капитальные затраты на сеть и потери электроэнергии, а радикально перестроить систему электропитания, осуществить переход на более высокий уровень напряжения распределительных сетей. Повышение напряжения, как правило, улучшает технико-экономические показатели системы электропитания предприятия, одновременно улучшается и качество электроэнергии у потребителей.

Список литературы

1. Беляк В.Л., Плащанский Л.А. Увеличение напряжения участковых сетей как способ повышения эффективности использования горных машин в высоконагруженных забоях угольных шахт М.: Горный информационно-аналитический бюллетень МГГУ - 2007 - № 9 - С. 286-290.
2. Железко Ю.С. Качество электроэнергии в сетях и электромагнитная совместимость оборудования / Ю.С. Железко // Электротехника. 1989. — №10 -с. 73-77.

3. **Нефедова, Н.В.** Улучшение качества напряжения в подземных распределительных сетях 6 кВ калийных рудников установками продольной компенсации потерь напряжения / **Н.В. Нефедова** и др. // М.: Энергетика. 1979. -324 с.
4. **Кронгауз, Д.Э.** Повышение качества электроэнергии в городских распределительных сетях посредством управления режимами реактивной мощности / Д.Э. Кронгауз // Промышленная энергетика. 2010. - № 10. - С. 39 - 43 .
5. **Плащанский Л.А.** Основы электроснабжения горных предприятий М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006 г. — 499 с: ил. : Учебник для вузов. — 2-е изд., исправ.
6. **Плащанский Л.А., Беляк В.Л.** Анализ технологических схем с целью рационального электроснабжения участков угольных шахт при напряжении 3 (3,3) кВ// М.: Горный информационно-аналитический бюллетень МГГУ - 2007 - № 6 - С. 238-241

Рукопись поступила в редакцию 03.03.14

УДК 658.8: 622.8: 331.453

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф., И.О. СИНЧУК, канд. техн. наук, доц.,
А.А. ХАРИТОНОВ, старший преподаватель, Криворожский национальный университет

К ВОПРОСУ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ПРИЧИН ЭЛЕКТРОТРАВМАТИЗМА В УСЛОВИЯХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В статье проведено анализирование и оценивание причин электротравматизма электротехнического и неэлектротехнического персонала в условиях железорудных производств. Приведены такие данные исследований, как динамика колебаний уровней электротравматизма на отечественных железорудных шахтах; тенденции электротравматизма по виду работ, связанных и не связанных с обслуживанием электроустановок на железорудных предприятиях; гистограмма распределения вероятностей травмирования электрическим током электротехнического и неэлектротехнического персонала железорудных производств; пример диаграммы причинно-следственных связей. Представлена структура возникновения травмоопасных факторов в системе «человек - горнорудное производство - электротехнические комплексы». Для рассматриваемого несчастного случая и построенных причинных диаграмм получены структурные уравнения, анализ которых позволил сделать вывод о выходных величинах на основании информации о входных, оценку состояния электротравматизма позволяющую, наряду с оценкой динамики, условий, очагов, обстоятельств несчастных случаев, получить причинно-следственную модель процесса электротравмирования, необходимую для принятия управляющих решений по обеспечению безопасности процесса электропотребления при ведении работ в подземных горных выработках.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Вопросы совершенствования системы строения организации безопасных условий труда вообще и в горно-металлургической отрасли в нынешних условиях весьма актуальны и требуют пристально-постоянного внимания к себе в том числе и, что весьма важно, в направлении мониторинга ситуаций и контроля действенности функционирования системы анализа произошедших несчастных случаев (НС) [1-3].

Анализ исследований и публикаций. Вышеизложенное в полной мере относится и к электробезопасности. Особенно на предприятиях с подземным способом ведения горных работ, в том числе железорудным шахтам (рудникам) [1]. Здесь, как известно, наиболее опасным по уровню поражений и их последствий является контактный провод (КП) тяговой контактной сети электровозной откатки. Около 40% от общего количества всех электротравм произошедших в подземных горных выработках рудных шахт это электротравмы полученные при несанкционированом, но реально возможным по технологии ведения горных работ, касании горнорабочими КП. Немаловажен для раскрытия этой проблемы в дальнейшем тот факт, что, как правило, за редким исключением, все случаи поражения электрическим током при касании КП были получены горнорабочими, чья работа не связана на прясую с эксплуатацией и обслуживанием комплекса внутришахтного транспорта (ВШТ).

Цель исследований. Идентификация и классификация причин электротравматизма в железорудных шахтах для дальнейшей разработки системы управляющих решений, направленной на разработку профилактических мероприятий по устранению потенциальных опасностей в системе «человек – железорудное производство – электротехнические комплексы».

Изложение материала и результаты. Динамика электротравматизма на железорудных шахтах представлена на рис.1, анализ которого показывает, что имеется тенденция роста общего электротравматизма (ЭТ) и близкая к стабильности тенденция смертельного электротравматизма и коэффициента тяжести.

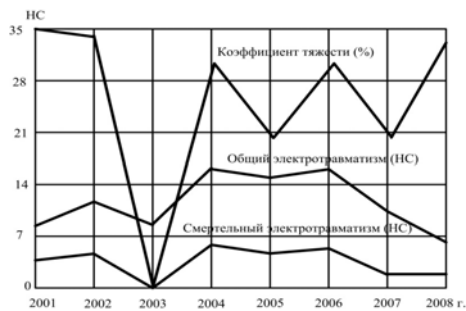


Рис. 1. Динамика колебаний уровней электротравматизма на открытых железорудных шахтах

При более глубоком изучении электротравматизма обращают на себя внимание тенденции по виду работ, приведенные в таблице 1.

Из данных табл. 1 видно, что общий электротравматизм, в том числе и его составляющие по виду работ, по прежнему имеют явную тенденцию роста. Тенденция же роста смертельного электротравматизма определяется только его составляющей - электротравматизмом на работах не связанных с обслуживанием электроустановок и может быть признана значительной.

Таблица 1

Тенденции электротравматизма по виду работ, связанных и не связанных с обслуживанием электроустановок на железорудных предприятиях

Наименование электротравматизма и его составляющих	Количество электро- травм в году		Характер изменения тенденций абсолютное значение % изменений в год		
	2011	2012	рост	стабилизация	снижение
<i>Общий электротравматизм: (всего), в том числе по виду работ:</i>	33,7	61,0	5,5 н.с./16,2%	-	-
связанный с обслуживанием электроустановок	29,2	48,7	3,9 н.с./15,4%	-	-
не связанный с обслуживанием электроустановок	2,6	17,0	2,9 н.с./110,8%	-	-
<i>Смертельный электротравматизм: (всего), в том числе по виду работ:</i>	8,7	12,2	0,7 н.с./8,0%	-	-
связанный с обслуживанием электроустановок	8,0	8,0	-	8,0	-
не связанный с обслуживанием электроустановок	0,65	4,6	0,8 н.с./121,5%	-	-

Специфика электротравматизма на горных работах железорудных производств свидетельствует о необходимости более тщательного изучения причин его возникновения на основе исследования влияния факторов участвующих в формировании электротравмоопасных ситуаций и негативных влияний на надежность электрооборудования и средства электробезопасности. Эти исследования должны явиться основой разработки комплексов профилактических мероприятий, направленных на эффективное снижение процесса роста электротравматизма [5-7].

Профилактические меры должны быть направлены на снижение электротравматизма электротехнического персонала с различными группами, а также не электротехнического персонала, но особенно следует уделять внимание персоналу в четвертой группой по электробезопасности.

На рис. 2 представлена гистограмма распределения вероятностей травмирования не электротехнического и электротехнического персонала, из которой видно их значимое различие.



Рис. 2. Гистограмма распределения вероятностей травмирования электрическим током электротехнического и неэлектротехнического персонала железорудных производств

Применение электроэнергии на всех, без исключения, видах горных предприятий при обязательности обеспечения безопасности эксплуатации электротехнических комплексов и систем характеризуется рядом технических, организационных, санитарно-гигиенических, психофизиологических, социальных факторов [3]. Указанные факторы в непрерывном диалектическом взаимодействии обуславливают то, что мы характеризуем как «процесс труда» при использовании электроэнергии в горном деле. В этой связи исследование проблемы электробезопасности в методологическом плане должно опираться на комплексный подход, позволяющий решать задачи с учетом влияния вышеназванных факторов.

Исследование условий электробезопасности должно выполняться в рамках решения вопросов построения моделей эффективности, качества и надежности функционирования эрготехнической системы обеспечения электробезопасности (ЭТСОЭБ) [8,9]. Возможность создания математических моделей, полностью описывающих логику и динамику процессов трудовой деятельности при обслуживании и эксплуатации электроустановок горных предприятий с учетом изменения показателей качества функционирования персонала, в настоящее время затруднена из-за недостаточного уровня развития теории моделирования этих процессов.

С учетом сложности рассматриваемой проблемы целесообразно в рамках вышеуказанного комплексного подхода рассмотреть методические принципы и методики исследований отдельных аспектов, позволяющих: оценить показатели и характеристики электротравматизма, сравнительную степень электроопасности отдельных электроустановок; выполнить моделирование процесса возникновения электротравм; установить критериальные значения, определяющие безопасный уровень влияния на человека опасного производственного фактора - электрического тока; определить значения параметров и характеристик, обуславливающих безопасность в наиболее травмоопасных электроустановках; дать оценку персонала как элемента ЭТСОЭБ.

В основу оценки состояния электробезопасности целесообразно положить изучение статистического материала о несчастных случаях. Исследование статистических данных требует установления классификации электротравм, отражающей многообразие сопутствующих н.с. условий и факторов.

Классификация при анализе электротравм должна позволять выполнять их систематизацию для изучения и раскрытия сути явления электротравматизма. Одним из основных требований к классификации должно быть выявление цели, принципов и ведущих признаков группировок электротравм. Вместе с этим выполненная классификация должна помогать в практической работе по планированию, организации мероприятий по обеспечению электробезопасности.

К числу основных признаков классификации электротравм отнесено следующее: отрасль, технологический процесс производства, динамика электротравматизма, род тока и рабочее напряжение электроустановок, вид электрооборудования, место происшествия электротравм, время происшествия электротравм, профессия, стаж работы и возраст пострадавших.

Анализ статистического материала [10,11] об ЭТ позволяет предложить следующие рассуждения – события во временной цепи происхождения (возникновения) ЭТ упорядочены и осуществляются таким образом, что можно выдвинуть рассуждения о причинных связях между ними. В общем плане выражение этой причинной связи состоит в следующем. Событие А является причиной другого события В, если первое событие вызвало надежду на второе событие или если осуществление А достаточно, но не необходимо для осуществления В. Во временном аспекте А, являясь причиной, предшествует В - следствию. С учетом логического и временного аспектов причинную связь можно определить как связь, при которой осуществление первого события является достаточным условием для осуществления более позднего события.

Причинные связи проявляются в изменении состояний объектов вследствие наличия операторов, под которыми подразумевают вещественное устройство или наделенный структурой процесс, обеспечивающие выполнение причинных связей.

Операторы и причинные связи могут подразделяться на составляющие (компоненты), что позволяет осуществлять упрощение действия причинных связей с целью анализа превращения одного события в другое. Указанное разделение целесообразно вести до уровней, обеспечивающих понимание действия причинности.

Для анализа причинных связей, согласно рекомендаций профессора Ляхомского А.В., с целью большей наглядности целесообразно выполнить графическое изображение причинных отношений, возникающих при электротравмировании [5]. Это изображение целесообразно выполнять с помощью потоковых графов, которые предполагают представление событий в виде потоков, В этом случае причинная связь между разными событиями может характеризоваться с помощью потоковых характеристик. Потоковые графы являются теоретической моделью процесса электротравмирования как процесса с причинно-следственными связями.

Если обозначить, взяв за основу реальный НС, следующие события: протекание через пострадавшего недопустимого тока - А, отключенное реле утечки - В, ошибочную подачу напряжения С, то причинные связи могут быть отражены, как это показано на рис. 3а.

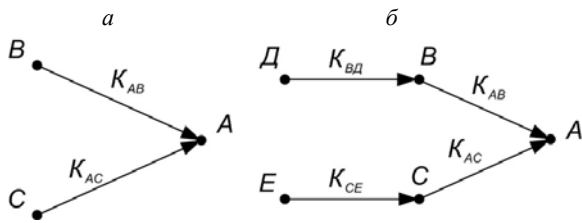


Рис. 3. Пример диаграммы причинно-следственных связей: а - с учетом причин В и С; б - с учетом причин Д,Е,В,С

Если к рассмотрению добавить события: снижение уровня сопротивления изоляции - Д, неправильное действие лица, включившего ошибочно напряжение - Е, то причинные связи отражаются диаграммой, приведенной на рис. 3б.

Анализ потоковых графов позволяет проследить за всеми последствиями входных переменных, в качестве которых выступают потоки событий, имеющие место при возникновении ЭТ.

При анализе потокового графа процесса электротравмирования рассматриваются различные всевозможные результаты действия системы, определяется степень коррелированности между переменными, делаются выводы о путях изменения системы для получения требуемых выходных характеристик.

Для целей анализа потоковых графов целесообразно составить структурные уравнения, с помощью которых качественные оценки выражаются в количественном виде.

Для рассматриваемого НС и причинных диаграмм, приведенных на рис. 3, имеем следующие структурные уравнения

$$A = K_{AB}B + K_{AC}C, \quad (1)$$

$$A = K_{AB}(K_{BD}D) + K_{AC}(K_{CE}E), \quad (2)$$

где K_{AB} , K_{AC} , K_{BD} - структурные коэффициенты, показывающие, каким образом преобразуется (количественно) изменение одной переменной (события) в изменение другой.

Анализ структурных уравнений позволяет сделать вывод о выходных величинах на основании информации о входных, оценка состояния электротравматизма позволяет, наряду с оценкой динамики, условий, очагов, обстоятельств НС, получить причинно-следственную модель процесса электротравмирования, необходимую для принятия управляющих решений по обеспечению безопасности процесса электропотребления при ведении работ в подземных горных выработках.

Выше было показано, что электротравматизм довольно сложное и многоаспектное явление, возникающее в системе "человек - железорудное производство - электротехнические комплексы" вследствие нарушения пространственно-временных и функциональных взаимосвязей ее элементов. Данная система отличается от рассмотренной и проанализированной многими авторами «человек - электроустановка - среда» большей конкретностью, поскольку категория «среда» заменена на более точную для решаемой в работе задачи категорию «горнорудное производство», а это требует развития методологических принципов анализа обстоятельств электротравматизма для установления его действительных причин.

Путем теоретического обобщения известных работ [4-8] разработана схема возникновения травмоопасных факторов в системе "человек-горнорудное производство-электротехнические комплексы" (Ч-ГП-ЭТК), представленная на рис. 4.



Рис. 4. Структура возникновения травмоопасных факторов в системе «человек - горнорудное производство - электротехнические комплексы»

Из нее видно, что производственный электротравматизм логично рассматривать как продукт совместного действия многих внешних причин (технических, санитарно-гигиенических, организационных, социальных) и человеческого фактора, включающего психофизические и физические особенности человека.

Такое представление возникновения производственного электротравматизма открывает принципиальную возможность более глубоко и объективно исследовать факторы и их сочетания, приведшие к несчастным случаям. Вместе с тем надо указать, что в железорудной промышленности до настоящего времени не известны сочетания факторов, определяющих возникновение электротравм, хотя наличие связей между уровнем электротравматизма и вышеперечисленными факторами (см. рис. 4) доказано достаточно убедительно в различных отраслях промышленности. Это одна из задач требующая своего решения путем дополнительных исследований.

Выводы и направления дальнейших исследований. Предложенная методика анализа и оценки состояний электротравматизма позволяет наряду с оценкой динамики, условий, очагов и обстоятельств произошедших несчастных случаев получить причинно-следственную модель процесса электротравмирования горнорабочих, которая необходима для принятия управляющих решений по обеспечению безопасного процесса потребления электрической энергии в условиях железорудных производств.

Список литературы

1. **Зеркалов Д. В.** Охорона праці в галузі. Загальні вимоги: навч. посібник / **Зеркалов Д. В.** // К.: Основа, 2011. – 551 с.
2. Комплекс ресурсо- і енергозберігаючих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв / **А.А.Азарян, Ю.Г. Вілкул, Ю.П. Капленко, Ф.І. Караманич, В.О. Колосов, В.С. Моркун, П.І. Пілов, В.Д. Сидоренко, А.Г. Темченко, П.Й. Федоренко** – Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.
3. **Харитонов А.А.** Анализ электротравм для моделирования генезиса электротравм в электротехнических комплексах и системах железорудных шахт / Сборник интернет конференции «Образование и наука без границ», 07 – 15 декабря, 2013 г.
4. **Ляхомский А.В., Синчук О.Н., Харитонов А.А.** Физиологическая характеристика горнорабочих железорудных шахт как элемента эрготехнической системы обеспечения электробезопасности // Весник Криворожского технического университета. – Кривой Рог: КНУ, 2013. Вип. 35. – С. 152 – 156.
5. **Синчук О.Н., Харитонов А.А.** К вопросу первичных критериев электробезопасности при эксплуатации тяговых контактных сетей железорудных шахт / Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського № 82. 2013г.
6. **Вышинская Н.Я.** Электротравматизм и меры снижения в системе электроустановка – среда – человек. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны труда ВЦСПС – Ленинград, 1989 – 26 с.
7. **Ляхомский А.В.** Исследования условий и разработка мероприятий по обеспечению электробезопасности в контактных сетях электровозной откатки угольных шахт: автореф. дисс. на получение научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.09.03. – МГИ, Москва, 1977. – 15 с.
8. **Михайлов Р.Н., Самолдин А.А., Лямичева И.И.** Разработка автоматизированной системы обработки информации о несчастных случаях на производстве//Безопасность и гигиена труда: Сборник научных работ институтов охраны труда ВЦСПС. - М, 1980 г. - С. 38 – 39.
9. Основи охорони праці: підручник / **Ткачук К. Н., Халімовський М. О. Зацарний В. В.** [та ін.]; за ред. **К. Ткачука** і **М. Халімовського**. - К.: Основа, 2006 – 448 с.
10. **Вентцель Е.С.** Теория вероятностей: учебник для вузов / М.: – ВШ, 2002г.
11. **Никитенко В.И.** Элементы теории ранговых критериев, работающих в реальном времени / Вестник Военной академии республики Беларусь 2009г. № 2 (23) С. 93-99.

Рукопись поступила в редакцию 17.04.14

УДК 65.012.2

С.О. ПОПОВ, д-р техн. наук, проф., О.О. ПОПРОЖУК, аспірантка
Криворізький національний університет

ПРОБЛЕМА РЕСУРСНОГО ПЛАНУВАННЯ ПРОЕКТІВ РЕМОНТІВ І МОДЕРНІЗАЦІЇ СКЛАДНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Обґрунтовано необхідність застосування нового підходу до ресурсного планування ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання в умовах сучасних машинобудівних підприємств на основі дослідження су-

часного стану застосування методології управління проектами до реалізації проектів ремонтних робіт. Запропоновано застосування поопераційного підходу до ресурсного планування проектів ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання з метою спрощення розрахунків необхідних обсягів забезпечення проекту ресурсами.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Господарська діяльність підприємств завжди здійснюється в умовах обмеженості ресурсів. Особливо гострою ця проблема є для підприємств машинобудівної галузі у зв'язку з тим, що проекти, що реалізуються у цій галузі, є одними з найбільш матеріаломістких і характеризуються тривалим і структурно складним виробничим циклом.

Оригінальність кожного проекту ремонту і модернізації складного технологічного обладнання потребує тривалого процесу планування обсягу необхідного ресурсного забезпечення виробництва кожної складової частини, їх комплексів та агрегату в цілому. Процес ресурсного планування проекту ремонту і модернізації складного технологічного обладнання характеризується високим рівнем складності, значними затратами часу та підвищеною трудомісткістю.

Саме через це виникає необхідність застосування нового підходу до ретельного ресурсного планування реалізації таких проектів та спрощення методичних підходів до розрахунку необхідних обсягів забезпечення проекту ресурсами.

Викладені далі матеріали дослідження розроблені в контексті реалізації Концепції Загальнодержавної цільової економічної програми розвитку промисловості на період до 2020 року, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 липня 2013 року № 603-р [1], а також державної програми розвитку внутрішнього виробництва, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 12 вересня 2011 року № 1130 [2].

Аналіз досліджень та публікацій. На сьогоднішній день методологія управління проектами застосовується майже у всіх галузях промисловості і економіки.

Важливий внесок у розвиток цієї методології зробили такі вітчизняні вчені як С.Д. Бушуєв, А.В. Шахов, В.А. Рач, В. И. Чимшир, А.І. Білоконь та ін. Саме постійне удосконалення методології управління проектами забезпечує сталий динамічний розвиток вітчизняної та світової промисловості і економіки.

На основі апарату теорії управління проектами здійснюється реформування значної кількості галузей національної економіки, реалізація будівельних та виробничих проектів, розробка проектів енергозбереження та раціонального використання ресурсів, а також організація та управління проектами технічного обслуговування та ремонтів обладнання тощо. Дослідження вітчизняних вчених у сфері управління проектами (С. Д. Бушуєва, А. В. Шахова, В. А. Рача, К. В. Кошкіна та ін.) становлять теоретичну базу подальшого розвитку проектно-орієнтованого управління ремонтними та експлуатаційними стратегіями.

Слід акцентувати увагу на тому, що означеній проблемі застосування проектно-орієнтованого підходу до управління проектами ремонтних робіт присвячено низку досліджень вітчизняних та закордонних науковців, однак основна увага у них відводиться саме обґрунтуванню доцільності застосування методології управління проектами до проектів ремонтних робіт і неповною мірою відображено застосування окремих компонентів проектного менеджменту, наприклад планування ресурсного забезпечення. Тому закономірним продовженням існуючих наукових досліджень є розробка нового підходу до ресурсного планування проектів ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання.

Постановка завдання. Метою даної публікації є дослідження сучасного стану застосування методології управління проектами ремонтних робіт та обґрунтування необхідності застосування нового підходу до ресурсного планування ремонтів та модернізації складного технологічного обладнання в умовах сучасних машинобудівних підприємств.

Об'єкт дослідження - проекти ремонту і модернізації складного технологічного обладнання.

Предмет дослідження - методологія ресурсного планування проектів ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання.

Викладення матеріалу та результати. На сьогоднішній день в умовах нестабільності функціонування української економіки однією з перспективних галузей вітчизняної економіки є машинобудування, оскільки саме воно може забезпечити економічне зростання, соціальний розвиток та науково-технічний прогрес у будь-якій країні. Головною особливістю машинобу-

дування у порівнянні з іншими галузями господарювання є його універсальність, багатопрофільність, незалежність від наявності корисних копалин та інших природних умов.

Одним із перспективних напрямків діяльності сучасних машинобудівних підприємств є проведення ремонтів та модернізації складного технологічного обладнання.

Причинами цього є:

значна кількість одиниць складного технологічного обладнання, виготовленого ще за часів Радянського Союзу, яке відпрацювало свій моторесурс та потребує капітального ремонту з модернізацією;

моральне та фізичне старіння вітчизняного обладнання та необхідність його ремонту і модернізації з метою забезпечення ефективності роботи та конкурентоспроможності продукції;

відсутність на вітчизняних підприємствах можливості технічного оновлення виробництва та необхідність підтримки наявного обладнання у робочому стані тощо.

Отже, можна стверджувати, що проведення ремонтів та модернізацій складного технологічного обладнання на сьогодні - це одне з актуальних завдань вітчизняних машинобудівних підприємств.

Необхідно зазначити, що теоретична база вказаного напрямку дослідження розв'язання зазначеного завдання базується на роботах ряду вчених.

Так роботи С.Д. Бушуєва, А.В. Шахова, В. А. Рача, К.В. Кошкіна та ін. становлять теоретичну базу подальшого розвитку проектно-орієнтованого управління ремонтними та експлуатаційними стратегіями.

У публікації «Портфельно-орієнтоване управління судоремонтним виробництвом» [4] А. Шахов та О. Шамов доводять, що ремонтна діяльність належить до сфери методології управління проектами, а оскільки ремонтами судів займається промислове підприємство, то важливо приділити увагу саме формуванню його виробничої програми, яку доцільно представити у вигляді портфелю ремонтних проектів.

Таким чином, можна стверджувати, що портфельно-орієнтований підхід до управління ремонтними підприємствами дозволяє комплексно підійти до планування діяльності промислового підприємства, яке виконує оригінальні ремонтні роботи, за допомогою використання методології управління проектами.

Для машинобудівного підприємства важливо не лише систематично підходити до планування його ремонтної діяльності на основі портфельно-орієнтованого проектного підходу, але й доповнити його необхідністю врахування специфічності даної галузі особливо для підприємств, які виконують ремонті різнорідного складного технологічного обладнання. Крім цього, закономірним подальшим розвитком портфельно-орієнтованого підходу до управління ремонтними підприємствами може стати удосконалення системи ресурсного планування вказаних проектів.

Незважаючи на використання вітчизняними та світовими науковцями методології управління проектами для формування організаційно-економічного механізму адаптації систем технічного обслуговування і ремонту устаткування, їх основна увага приділяється саме зменшенню витрат на проведення планових і аварійних ремонтних і відновлювальних робіт. Тому можна стверджувати, що залишаються питання, які потребують подальшого розгляду, та проблеми, які необхідно вирішити.

Розробка методики ресурсного планування проектів ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання може стати логічним продовженням використання проектно-орієнтованого підходу до ремонтної діяльності.

Подальшим удосконаленням системи технічного обслуговування і ремонтів обладнання, особливо складного технологічного, може стати досконале ресурсне планування, яке дасть змогу не лише досягти зниження витрат на ремонтну діяльність, а й дасть змогу визначити які саме види ресурсів необхідні на кожному етапі та які операції є найбільш ресурсномісткими і потребують подальшого удосконалення або альтернативної заміни.

А.В. Шахов у своїй дисертаційній роботі «Проектно-орієнтоване управління життєвим циклом ремонтоздатних технічних систем» [5] основну увагу приділив розробці методології управління ремонтоздатними технічними системами на основі використання основних принципів методології управління проектами.

Подальшим розвитком даного напрямку може стати саме удосконалення і більш глибока деталізація окремих компонентів проектного менеджменту, а саме етапу планування ресурсів, оскільки від ефективного управління ресурсами значною мірою залежить результат проекту, можливість його своєчасного завершення та виконання бюджету проекту. Саме розробка інноваційної методики ресурсного планування є одною з актуальних проблем сьогодення особливо для діяльності у сфері ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання, характерними особливостями якої є значна матеріаломісткість, тривалий виробничий цикл і велика різноманітність можливих робіт.

Оскільки кількість можливих ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання, виготовлення необхідних запасних частин, комплектуючих та цілих вузлів в умовах машинобудівного підприємства є надзвичайно великою, а кількість операцій, які можливо виконати в умовах певного виробництва, обмежена його технологічними можливостями, то з метою спрощення процесу розрахунку обсягів необхідного ресурсного забезпечення доцільно використовувати поопераційний підхід. При його використанні передбачається визначення обсягу необхідних витрат на кожну можливу операцію замість визначення витрат на кожен вид продукції, що виготовляється, чи послуг, що надаються.

У кінці 1980-х років в США було опубліковано книгу професорів Джонсона і Каплана «Втрата актуальності - зліт та падіння управлінського обліку» [3]. Основна ідея цієї книги полягає у тому, що традиційним системам обліку, особливо обліку поглинених витрат, немає більше місця у світі сучасних технологій. У даній книзі вперше було запропоновано термін «поопераційний облік».

Поопераційний облік заснований на ідеї про те, що продукція є не причиною виникнення витрат, а причиною необхідності виконання робіт (операцій), у результаті яких і виникають витрати. Сутність поопераційного методу, в якому витрати слідує за продуктом, полягає в тому, що під час завершення будь-якої операції накопичуються витрати, які переходять у витрати у розрахунку на одиницю продукції.

На відміну від традиційних систем розподілу виробничих витрат поопераційний підхід відмовляється від розподілу непрямих витрат на основі єдиної бази розподілу, якою, як правило, виступає залежність вказаних витрат від обсягів виробництва. Це пояснюється тим, що далеко не завжди невиробничі витрати пропорційні обсягам виготовленої продукції. Особливо це стосується розподілу витрат на технічне обслуговування та ремонт виробничого обладнання.

Проте саме витрати на наладку, технічне обслуговування та ремонт обладнання безпосередньо залежать від особливостей технологічного процесу та тих операцій, які виконуються за допомогою вказаного обладнання.

З іншого боку, враховуючи те, що коефіцієнти розподілу непрямих виробничих витрат сприяють спотворенню реального обсягу витрат на одиницю продукції, необхідно відмітити, що на сьогоднішній день завдяки стрімкому розвитку техніки і технології ці спотворення значно поглиблюються. Це в свою чергу призводить до недостовірності інформації, на основі якої приймаються управлінські рішення.

Для машинобудівних підприємств, на яких обсяг непрямих виробничих витрат подекуди сягає 40-45% загальної собівартості виготовлення, проблема їх розподілу є однією з провідних. Проте розподіл фактичних витрат є значно легшою проблемою, аніж їх планування, оскільки існують категорії витрат, які досить складно передбачити та спрогнозувати. У випадку, коли ми розглядаємо здійснення машинобудівним підприємством ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання, яке належить до проектно-орієнтованої діяльності підприємства, дана проблема посилюється унікальністю виконуваних робіт та необхідністю виготовлення значної кількості різноманітних, а подекуди і оригінальних деталей, вузлів чи навіть цілих агрегатів.

Переваги поопераційного методу обліку витрат полягають в тому, що, як правило, визначення обсягу витрат при даному методі потребує менше зусиль і є більш економічним, ніж інші. Той факт, що витрати при поопераційному методі збираються за період, а не відносяться на певне замовлення, дозволяє мати певний запас часу у діяльності працівників, що здійснюють облік. Крім того, при використанні даного методу потоки витрат можна легко прослідкувати. Це сприяє більш чіткому визначенню меж відповідальності.

Значною перевагою поопераційного методу ресурсного планування проектів ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання є його безпосередній зв'язок з технологічним процесом виробництва машинобудівного підприємства.

Щодо недоліків даного методу варто відмітити, що усереднення витрат, прийняте при поопераційному методі, іноді може призвести до неточності у розрахунках. Крім цього, запаси незавершеного виробництва, які є невід'ємною складовою реалізації проектів ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання, повинні оцінюватися за ступенем завершеності. Ця оцінка тягне за собою неточності, які переходять через різноманітні операції на сумарний показник кількості необхідних ресурсів, загальну вартість проекту і показник чистого прибутку підприємства.

Отже, поопераційний облік витрат дозволяє не лише спланувати необхідний обсяг ресурсного забезпечення, а й визначити шляхи його зниження. Використання даного методу на підприємствах машинобудування дає змогу визначити не лише загальну кількість необхідних ресурсів, але й виявити, протягом яких саме операцій спостерігаються найбільші їх витрати і яким чином можна скоротити дані витрати.

Висновки та напрямок подальших досліджень. На основі аналізу вище викладеного матеріалу, можна стверджувати, що на сьогоднішній день розробка нового підходу до ресурсного планування проектів ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання є актуальною і повинна здійснюватись за такими напрямками:

- подальше удосконалення методів ресурсного планування у галузі машинобудування;
- рішення гострої проблеми раціоналізації використання ресурсів (фінансових, трудових, матеріальних, енергетичних, інформаційних тощо);
- розробка нових та удосконалення існуючих теоретичних та методологічних основ ресурсного планування проектів машинобудівництва;
- узагальнення методологічних положень теорії ресурсного планування проектів ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання і подальший її розвиток;
- пошук нових підходів до розробки формалізованих процедур обґрунтування управлінських рішень в сфері ресурсного планування проектів ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання з використанням поопераційного підходу;
- систематизація досліджень проблеми ресурсного планування на основі поопераційного підходу на підприємствах машинобудівної галузі в ринкових умовах господарювання в нашій країні.

Список літератури

1. Концепція Загальнодержавної цільової економічної програми розвитку промисловості на період до 2020 року [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України. – К. 2013. – № 603-р. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/603-2013-%D1%80>.
2. Державна програма розвитку внутрішнього виробництва [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України. – К. 2013. – № 1130. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1130-2011-%D0%BF>.
3. Каплан Р. Потеря актуальности - взлет и падение управленческого учета / Р. Каплан, М. Джонсон. – М.: Гарвардский университет, 1989. – 185 с.
4. Шахов А. В. Портфельно-ориентированное управление судоремонтным производством / А. В. Шахов, А. В. Шапов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2010. – с. 34-36.
5. Шахов А. В. Проектно-орієнтоване управління життєвим циклом ремонтоздатних технічних систем : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : 05.13.22 «Управління проектами та програмами» / А. В. Шахов. – Одеса, 2007. – 38 с.

Рукопис подано до редакції

УДК 004.93+57.087.1

А. И. КУПИН, д-р техн. наук, проф., Ю. А. КУМЧЕНКО, аспирант,
Криворожский национальный университет

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАДАЧАХ БИОМЕТРИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Приведена мультимодальная информационная технология для распознавания объектов, которая объединила две биометрические характеристики: голос и лицо. Предложен жесткий порог фильтрации для снижения шума в спектрограмме голоса и алгоритм расширения динамического диапазона, чтобы оптимально отобразить максимальное количество деталей изображения лица.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. В настоящее время информационные технологии (ИТ) все активнее применяются в различных отраслях промышленности.

Это, в первую очередь, связано с тем, что современные задачи идентификации, распознавания и авторизации объектов (например, служащих, обслуживающего персонала, финансовых агентов и т.д.) требуют достаточно высокой степени точности и эффективности их решения в режиме реального времени. Как правило, перечисленные задачи являются сложными и многофакторными.

Одним из наиболее перспективных подходов в данном случае являются мультимодальные методы, основанные на одновременном использовании нескольких классификационных признаков.

В случае использования одной биометрической характеристики для распознавания объектов существует вероятность ошибки системы.

Это связано с неправильным использованием технологии, условиями окружающей обстановки и качеством образца.

Нужно также отметить, что одной из основных проблем в области биометрических технологий, тормозящих их развитие, является отсутствие на данный момент основных стандартов.

Анализ исследований и публикаций. Идентификация, распознавание и авторизация объектов обусловлена активной информатизацией современного общества и увеличением потоков конфиденциальной информации.

Общие проблемы использования биометрических информационных технологий исследовали отечественные и зарубежные ученые, в частности: Кухарев Г.А., Завгородний В.В., Мельников Ю.Н., Ушма А.С., Mark Nixon, John Carter, John R. Vacca, Samir Nanavati и другие.

Однако научные труды, в которых бы освещались в полной мере мультимодальные подходы биометрических технологий, практически отсутствуют [1].

Постановка заданий. Рассмотреть преимущества мультимодальных ИТ перед унимодальными системами.

Разработать алгоритмы модулей работы со звуком (голосом) и изображением (лицом).

Спроектировать мультимодальное устройство для распознавания объектов. Обосновать выбор алгоритмов для снижения шумов на спектрограмме голоса и изображении лица.

Изложение материалов и результатов. Мультимодальные информационные технологии могут устранить многие ограничения унимодальных систем, поскольку одни характеристики компенсируют недостатки, присущие другим характеристикам.

Достоинства мультимодальных ИТ:

увеличение охвата сферы применения (нет одной характеристики, используем другую);

уменьшение ошибок неправильного распознавания, расширение диапазона условий окружающей среды, за счет использования нескольких модальностей;

уменьшение чувствительности к шуму.

Мультимодальная ИТ для идентификации, распознавания и авторизации объектов, объединила две биометрические характеристики: голос и лицо.

Сначала был разработан алгоритм работы модуля со звуком (голосом): включение устройства, выбор режима (запись эталона или идентификация), при выборе первого – происходит прием звукового стерео сигнала, шумоподавление и запись эталонной спектрограммы; при выборе второго - устройство принимает звуковой стерео сигнал в режиме реального времени, осуществляет шумоподавление и сравнивает его с эталоном.

В случае если запись не соответствует эталону, значит идентифицируемый объект не получит доступ рис. 1а.

Затем был разработан алгоритм работы модуля с изображением: включение устройства, выбор режима (сохранение эталона или идентификация), при выборе первого - происходит прием 3D видеосигнала, наложение снимков и сохранение эталонного изображения; при выборе второго - устройство принимает 3D видеосигнал в режиме реального времени, осуществляет наложение снимков и сравнивает их с эталоном.

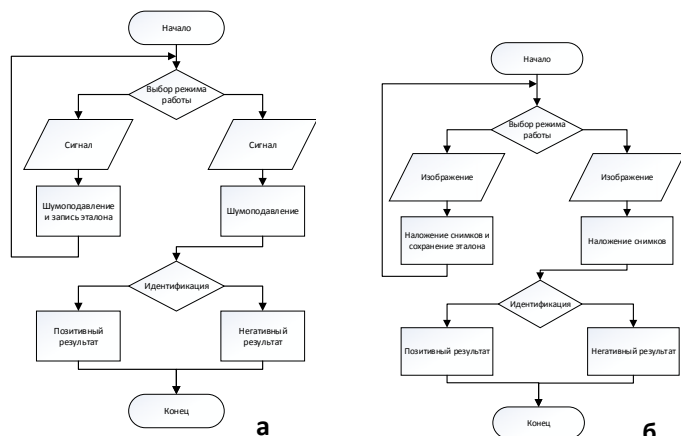


Рис. 1. Алгоритмы работы модулей звука *a* и изображения *б*

В случае если изображение лица не соответствует эталону, значит идентифицируемый объект не получит доступ рис. 1б.

В результате проектирования мультимодального устройства для распознавания объектов, к которому можно применить выше описанные алгоритмы, устройство получило название «Комбинированная 3D камера с функцией ИК съемки и записи стереозвуча» рис. 2.

рис. 2.

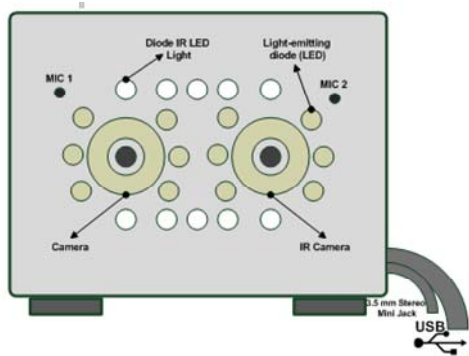


Рис. 2. Комбинированная 3D камера с функцией ИК съемки и записи стереозвуча

Преимущества данной схемы проекта:

получение двух снимков: обычный и в ИК диапазоне. (При дальнейшей обработке фотографии возможно наложение снимков достигая 3D эффекта);

благодаря 2 микрофонам возможна запись стереозвуча;

регулируемая светодиодная подсветка для съемки в вечернее время или в слабоосвещенных помещениях (состоит из 12 светодиодов);

ИК подсветка для съемки ночью. Благодаря 10 ИК диодам и ИК камеры расстояние ночной съемки в пределах 15 м;

простое подключение по USB для получения снимков и 3,5 mm MiniJack для подключения микрофонов. Не требует дополнительных источников питания; низкая себестоимость.

Первый прототип устройства состоял из двух видеокамер: ИК и обычной, 12 светодиодов с возможностью регулировки яркости, 2-х микрофонов и схемы коммутации этих устройств.

Звуковые сигналы, с которыми приходится иметь дело на практике, всегда в той или иной степени зашумлены. В тех случаях, когда шум имеет значительную интенсивность, его наличие может существенно исказить результаты обработки, анализа или распознавания звука.

Для снижения шума применяется жесткий порог фильтрации и он устанавливается для каждого уровня вейвлет-разложения рис. 3.

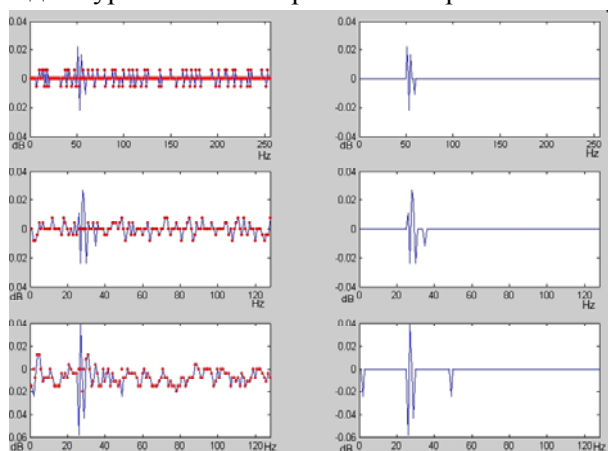


Рис. 3. Графики двух уровней вейвлет-разложения звукового сигнала и вейвлет-коэффициентов после пороговой обработки

Данный порог реализуется следующим образом: на *i*-м уровне разложения вычисляется уровень порога по формуле

$$X = L_{\max} / N, \quad (1)$$

где L_{\max} - значение вейвлет-отсчета с максимальной амплитудой; N - количество ненулевых вейвлет-отсчетов.

В процентном соотношении данное выражение имеет вид

$$X = L_{\max} \cdot K, \quad (2)$$

где K - величина порога в процентах;

поэлементное сравнение всех ненулевых элементов N -го уровня с заданным порогом X и обнуления всех отчетов, равных или меньше данного уровня.

Достоинства данного метода пороговой обработки:

самая маленькая вычислительная сложность из совокупности других методов.

Недостатки данного метода пороговой обработки:

возможность полной потери полезного сигнала при высоком уровне шума;
возможность потери полезного сигнала также и при малом уровне шума [2].

Для обработки полученных снимков применяется алгоритм расширения динамического диапазона.

Расширение динамического диапазона необходимо для того, чтобы оптимально отобразить на дисплее видеосигнал с двух камер, содержащий максимальное количество деталей лица, видимых на готовом совмещенном снимке.

Для расширения динамического диапазона изображения, а также подавления ярких точечных источников (пересвет и расплывание ярких объектов) был реализован режим съемки обычной камерой и ИК: один кадр отображал цветной обычный снимок, а следующий кадр формировался с помощью ИК фильтра.

Объединение двух таких изображений позволят оптимальным образом отобразить хорошо и плохо освещенные области, получить более «глубокий» снимок, как в дневное, так и ночное время.

Особенностью реализованного подхода является оценка и обработка локальных участков изображения.

Это позволяет сохранить и даже улучшить показатели локального контраста, величина которого важна для задач обнаружения и распознавания объектов в поле зрения системы наблюдения [3].

Выводы и направление дальнейших исследований. Информационная технология распознавания объектов, с применением биометрических методов, имеет существенные преимущества.

Благодаря использованию мультимодального подхода, учитывающего сразу несколько биометрических характеристик, можно снизить на порядок количество людей, биометрическая идентификация которых невозможна, и значительно повысить защищенность информационных ресурсов от несанкционированного доступа в целом.

Дальнейшие исследования направлены на анализ существующих алгоритмов подавления шумов, чтобы определить наиболее эффективный для нашей задачи, и создание сравнительной сверточной нейронной сети.

Список литературы

1. **Кухарев Г.А.** Биометрические системы: Методы и средства идентификации личности человека / Г. А. Кухарев. – СПб.: Политехника, 2001. – 240 с.
2. **Борискевич А.А.** Цифровая обработка речи и изображений / А. А. Борискевич. – Минск: 2007. – 295 с.
3. **Вудс Р.** Цифровая обработка изображений / Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

Рукопись поступила в редакцию 07.03.14

УДК 004.9

А.С. ЗЕЛЕНСКИЙ, д-р техн. наук, проф., В.С. ЛЫСЕНКО, канд. экон. наук, доц.
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИБЛИОТЕКИ OPENGL В 3D-ГРАФИКЕ

Приводятся результаты и краткая характеристика разработанного программного комплекса "Graf10", используемого в учебном процессе. Данный программный комплекс реализован на языке программирования Visual C++ 2010 с использованием открытой графической библиотеки OpenGL. Особое внимание уделено перспективной и ортографической проекциям, матрицам проекции и модели, работе с буфером глубины и трафарета, освещению и теням, текстурам, построению кривых и поверхностей. При этом уделяется внимание математической основе задач: умножению, транспонированию матриц, переходу от одной системы координат к другой, нахождению проекции на заданную плоскость и т.д. При работе с кривыми и поверхностями представлены авторские разработки построения кривых и поверхностей Безье, полиномов в 2D и 3D графике, интерполяционных сплайнов и сплайнов Эрмита, кривых и поверхностей на основе B-сплайн.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В современном мире информационных технологий большое внимание уделяется 3D-графике. Это имеет место при решении различных задач, где применение 3D-графики является необходимым или целесообразным.

Анализ исследований и публикаций. Изучение 3D-графики без практических примеров достаточно трудоемко. Необходима разработка программного обеспечения для отражения основных возможностей 3D-графики с использованием библиотеки OpenGL. В основном используются две библиотеки работы с 3D-графикой: OpenGL и DirectX. Преимуществом библиотеки OpenGL является ее независимость от операционной системы. Так с помощью OpenGL можно разрабатывать приложения для операционных систем Windows, MacOS, IOS, Android и т.д., в то время как DirectX работает только для Windows.

Постановка задачи. Основной целью статьи является изучение библиотеки OpenGL для представления результатов решения задач в 2D и 3D графике.

Изложение материала и результаты. OpenGL является одним из самых популярных интерфейсов, предназначенным для разработки приложений в области двумерной и трехмерной графики [1-6].

Программное обеспечение разработано на языке программирования Visual C++ 2010 с применением библиотеки OpenGL и используется кафедрой информатики и прикладного программного обеспечения в учебном процессе для дисциплин, связанных с компьютерной графикой.

Разработанный программный комплекс "Graf10" состоит из 6 основных модулей, каждый из которых содержит отдельные задачи. Выбор модуля, а затем его задачи выполняется с помощью меню.

Структура пользовательского меню "Graf10" приведена на рис. 1, где выделены следующие модули:

- Работа с ортогографической проекцией.
- Работа с графическими примитивами и буферами.
- Геометрические преобразования.
- Работа с освещением и тенями.
- Работа с пикселями и текстурами.
- Работа с кривыми и поверхностями.

Для выполнения каждой из представленных задач разработана универсальная структура, которая позволяет расширять возможности программного комплекса новыми задачами и совершенствовать уже разработанные. Студенты в процессе обучения получают исходный код программ в виде модулей и могут его эффективно использовать в своих задачах.

В данный программный комплекс вошли отдельные примеры книги "OpenGL. Суперкнига" [1] и авторские разработки. Примеры из данной книги переделаны из консольного режима C++ на язык Visual C++ 2010 под библиотеку MFC (Microsoft Foundation Classes) и адаптированы под структуру, предложенную авторами.

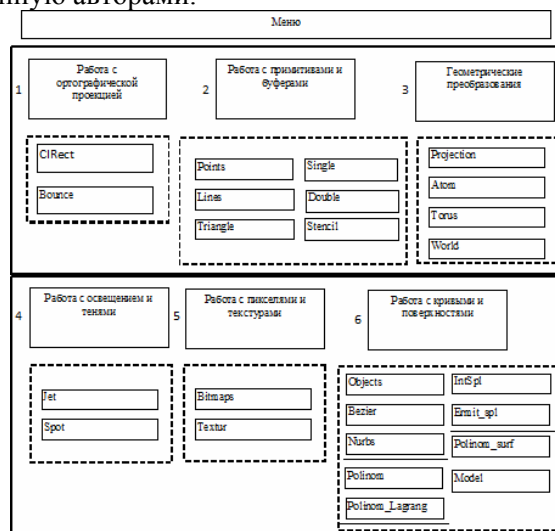


Рис. 1. Структура пользовательского меню "Graf10"

Укрупненная блок-схема решения произвольной задачи, входящей в пакет "Graf10" приведена на рис. 2.

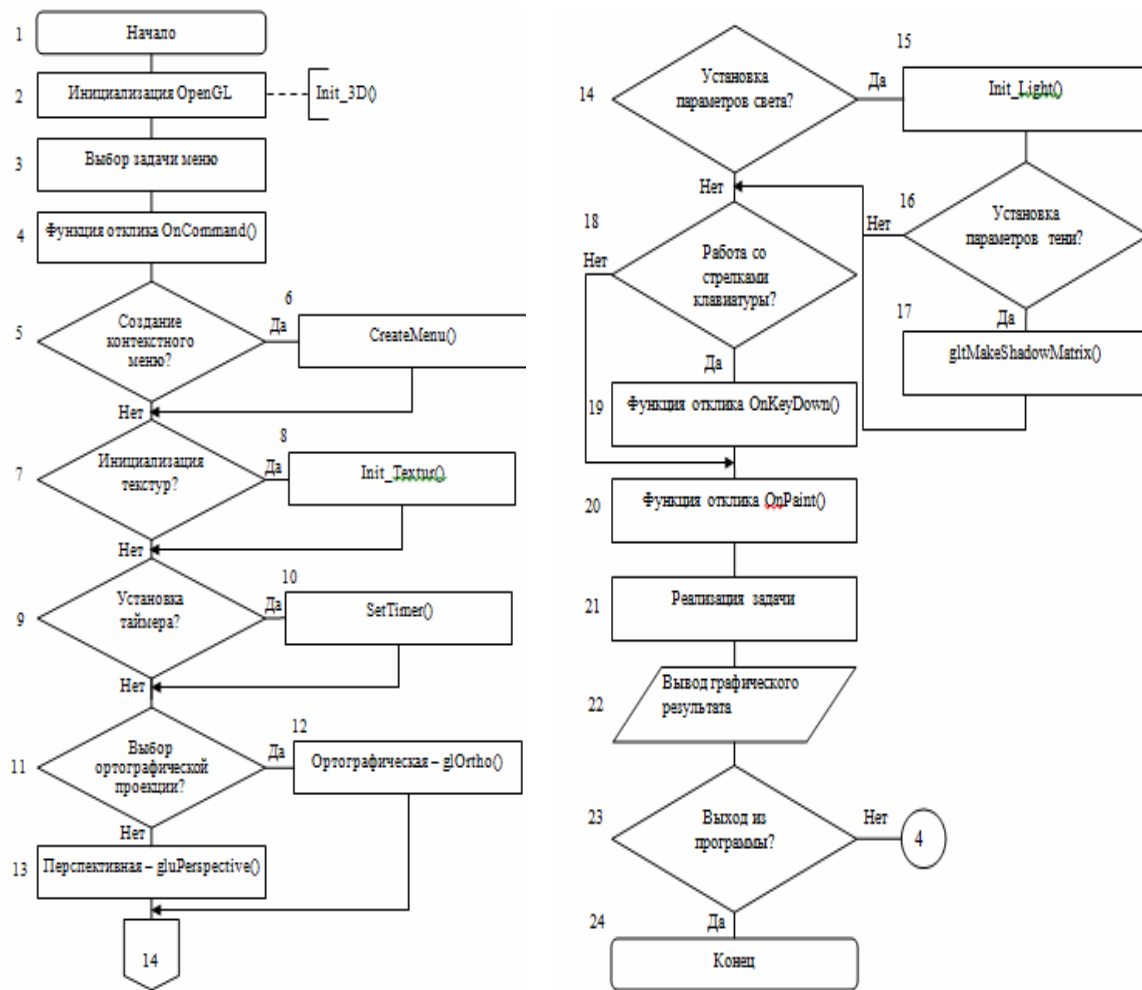


Рис .2. Блок-схема решения задачи

При загрузке приложения "Graf10" выполняется инициализация 3D-графики (функция Init_3D). Выбор задачи выполняется через пользовательское меню.

Последовательность выполнения выбранной задачи:

При нажатии опции меню подключается функция отклика OnCommand(), где в зависимости от требований выбранной задачи могут добавляться следующие возможности: создание контекстного меню, инициализация текстур, установка таймера, выбор проекции, установка параметров света и тени, работа со стрелками клавиатуры.

Функция отклика OnKeyDown() – подключается при обработке сообщений от клавиатуры. В зависимости от нажатых стрелок выполняется поворот объектов относительно осей координат, а также камер наблюдения.

Функция отклика OnPaint() – подключается при явном вызове Invalidate() или когда возникает необходимость перерисовки окна. В ней по коду подключается необходимая функция реализации задачи.

Краткая характеристика задач программного комплекса "Graf10" (см. рис.1), состоящего из 6 модулей:

1. В первом модуле реализуются простейшие задачи вывода фигур в Ortho-проекции.
2. Во втором модуле рассматриваются простейшие примитивы – точки (Points), линии (Lines), треугольники (Triangle) и т.д. Показана работа с одиночной (Single), двойной (Double) буферизацией, а также с буфером трафарета (Stencil).
3. В третьем модуле рассматриваются следующие задачи:

3.1. Projection – пример работы с ортографической и перспективной проекциями. Их изучение рассматривается на примере куба. При использовании ортографической проекции все грани куба выглядят одинаково, при использовании перспективной проекции – задняя грань куба будет выглядеть меньше передней, так как она наиболее удалена от наблюдателя. В последнем случае куб будет выглядеть в виде усеченной пирамиды. В процессе обучения имитируются различные углы обзора и расстояние до наблюдателя, что приводит к уменьшению или увеличению размеров куба, а также изменению соотношений передней и задней граней куба.

3.2. Atom – пример динамической модели атома. Здесь три электрона движутся по собственным орбитам вокруг ядра атома. Электроны и ядро атома представлены в виде шаров. Орбита каждого электрона формируется с помощью угла поворота относительно ядра и последующего смещения. Студенты на основании данной задачи имитируют различные орбиты, а также устанавливают скорость вращения электронов за счет таймера и угла поворота.

3.3. Torus – построение тора с помощью связанных треугольников. Результат работы программы приведен на рис. 3.

3.4. World – пример работы с камерой и актерами.

Актеры – объекты, которые могут перемещаться и имеют собственную систему отсчета или локальную систему координат.

Для представления системы отсчета использована структура данных, которая содержит точку в пространстве ($vLocation$), вектор, указывающий вперед ($vForward$), и вектор, указывающий вверх (vUp). Камера – это позиция наблюдателя. Чтобы выполнить преобразование камеры, необходимо изменить данные три вектора.

Так, при вращении камеры меняется вектор вперед $vForward$, а при движении – позиция наблюдателя $vLocation$.

Изучение данной задачи основано на построении собственного мира объектов-актеров (World) и установке камеры наблюдения. Затем, с помощью клавиш курсора происходит изменение позиции камеры наблюдения с изменением матрицы OpenGL.

4. В четвертом модуле осуществляется работа с освещением и тенями объектов.

В задаче Jet приведен пример рисования самолета с использованием освещения и теней (рис. 4) [1]. Самолет представлен в виде треугольников.

При вращении самолета с помощью клавиш курсора происходит подсветка его частей (треугольников), а также изменение тени объекта. Тень объекта представляет собой его проекцию на горизонтальную плоскость.

В задаче Spot приведен пример работы с прожектором. С помощью клавиш курсора осуществляется перемещение источника света, который с разных сторон освещает объекты сцены.

5. В пятом модуле приведена работа с пиксельными операциями и текстурами.

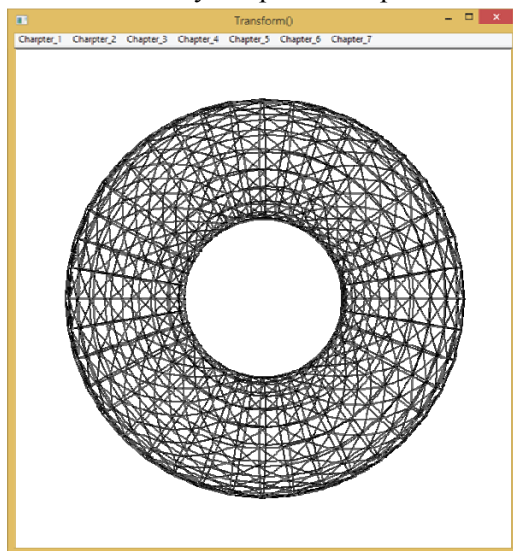


Рис. 3. Результат работы программы Torus

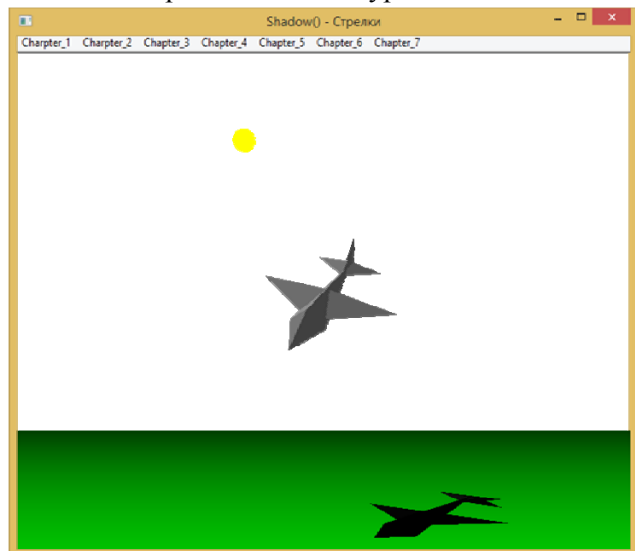


Рис. 4. Результат работы программы Jet с использованием освещения и теней

5. В пятом модуле приведена работа с пиксельными операциями и текстурами.

Пример Bitmaps показывает возможности загрузки и вывода растровых изображений с использованием пиксельных операций.

При изучении этого примера студент открывает произвольный файл в формате bmp или tga и с помощью контекстного меню выбирает пиксельные операции: поворот изображения, масштабирование, инвертацию, черно-белый режим, красный, зеленый или синий цветовые каналы и т.д.

Пример Textur демонстрирует разные возможности работы с текстурами (рис. 5).

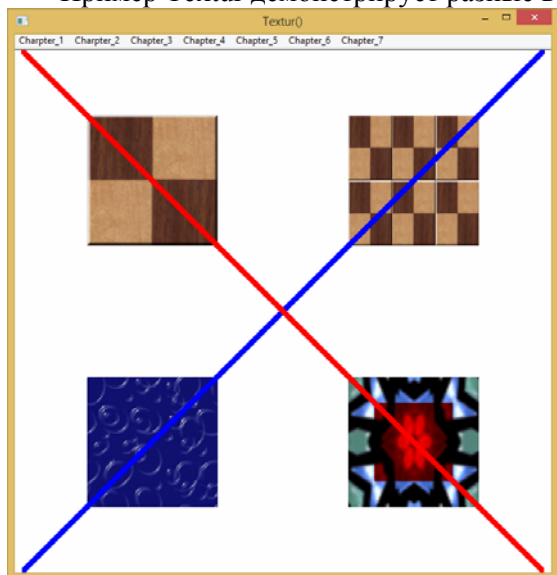


Рис. 5. Результат работы программы с выводом текстур (Textur)

Первый способ - это привязка текстурных координат к координатам объекта. При этом координаты (0, 0) характеризуют левый нижний угол объекта; (1, 1) - правый верхний. На рисунке это левый нижний и левый верхний квадраты. Если необходимо привязать к объекту несколько текстур, скажем две текстуры по горизонтали и три по вертикали (верхний квадрат справа) необходимо задать следующие координаты (рис. 6).

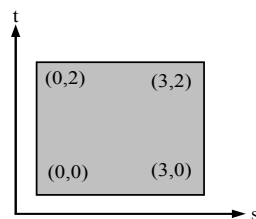


Рис. 6. Привязка текстурных координат

Второй способ - это автоматическая генерация текстурных координат (нижний квадрат справа) вписывается в объект.

при котором текстура полностью

Так, в процессе обучения студент привязывает текстуры к различным объектам, а также выполняет автоматическую генерацию текстур.

6. В шестом модуле осуществляется работа с выводом кривых и поверхностей. Первый пример Objects демонстрирует работу со стандартными Glu- и Glut-объектами. Далее представлены авторские разработки построения кривых и поверхностей Безье, полиномов в 2D и 3D графике, интерполяционных сплайнов и сплайнов Эрмита, кривых и поверхностей на основе B-сплайн. Кроме того, приведен сравнительный анализ каркасной, столбиковой моделей и модели с использованием B-сплайн.

Характеристика задач 6-го модуля:

6.1. Objects – пример работы со стандартными Glu- и Glut-объектами: сфера, цилиндр, диск с отверстием, часть диска с отверстием, чайник, конус, тор, тетраэдр, гексаэдр (куб) октаэдр, икосаэдр, додекаэдр. При этом предусмотрен выбор объекта через контекстное меню, а также способ вывода объекта (в виде линий GL_LINE или с заливкой GL_FILL).

6.2. Bezier - пример вывода кривой и поверхности Безье.

6.3. Nurbs - пример вывода Nurbs-поверхности с использованием весовых коэффициентов.

6.4. Polinom - пример построения полинома в 2D-графике.

Модель полинома в общем виде представлена следующим образом

$$f(x) = A_0 + A_1x + A_2x^2 + \dots + A_M^M, \text{ или } f(x) = \sum_{i=0}^M A_i x^i,$$

где M - степень полинома.

На рис. 7. приведем полином 8-й степени для 9 контрольных точек, заданных своими координатами. Исследования показали, что если степень полинома приближается к количеству контрольных точек, несмотря на повышение коэффициента детерминации R^2 , результат построения кривой ухудшается [8].

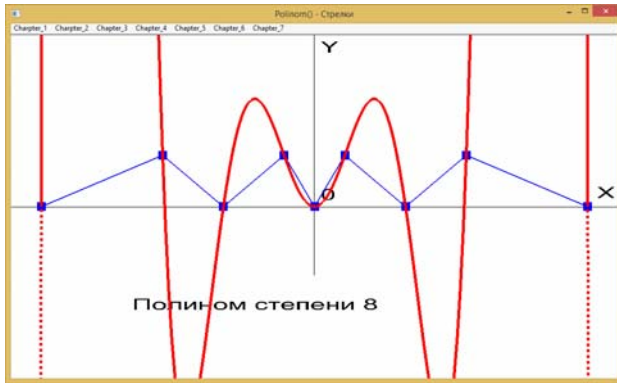


Рис. 7. Интерполяция полиномом 8-й степени

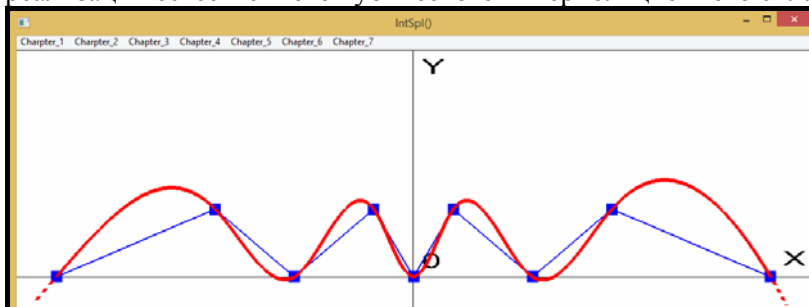
6.5. Polinom_Lagrang - пример построения интерполяционного полинома с помощью формулы Лагранжа. Здесь для вычисления координат точек используется следующая зависимость

$$y(x) = \sum_{i=0}^n y_i \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j}.$$

непрерывны первая и вторая производные. Данный сплайн является глобальным, то есть изменение одной контрольной точки влияет на все поведение кривой. На рис. 8. приведен результат реализации естественного кубического интерполяционного сплайна.

6.6. IntSpl – пример построения естественного кубического сплайна [8], в котором

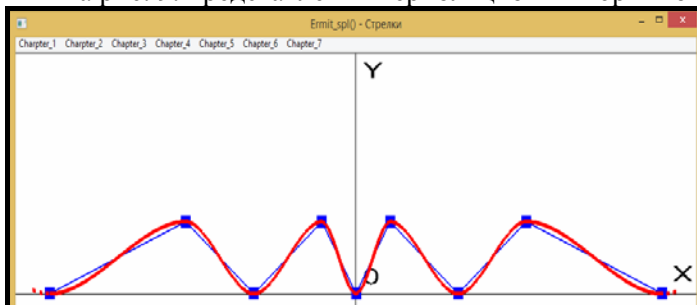
Рис. 8. Интерполяционный кубический сплайн



6.7. Ermit_Spl - пример построения эрмитового сплайна, который в отличие от естественного кубического сплайна, локален и для его построения кроме значений в контрольных точках, необходимо задать соответствующие значения первых производных. Изменение производной в контрольной точке влияет только на соседние точки. Таким образом, можно управлять первыми производными исходных точек для изменения поведения кривой.

На рис. 9. представлен интерполяционный эрмитовый кубический сплайн.

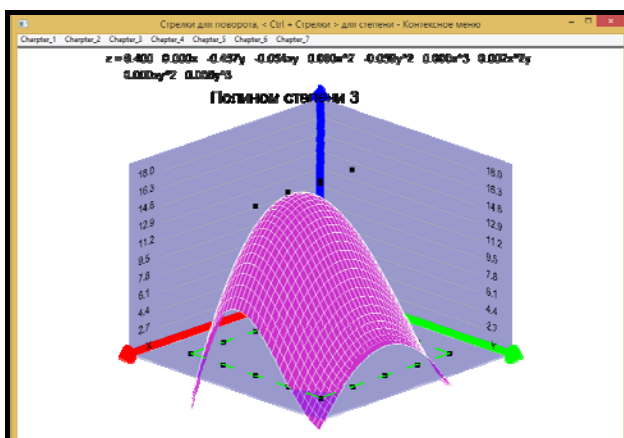
Рис. 9. Интерполяционный эрмитовый сплайн



6.8. Polinom_Surf - пример построения полиномиальной поверхности $z=f(x,y)$.

На рис. 10. представлен полином 3-й степени в пространстве.

Рис. 10. Сглаживание поверхностью полинома 3-й степени



Для определения зависимости полинома в трехмерном пространстве $z=f(x,y)$ используется предложенный авторами алгоритм [8].

Для полинома 5-й степени данную зависимость можно представить в виде

$$z = A_0 + A_1x + A_2y + A_3x^2 + A_4xy + A_5y^2 + A_6x^3 + A_7x^2y + A_8xy^2 + A_9y^3 + A_{10}x^4 + A_{11}x^3y + A_{12}x^2y^2 + A_{13}xy^3 + A_{14}y^4 + A_{15}x^5 + A_{16}x^4y + A_{17}x^3y^2 + A_{18}x^2y^3 + A_{19}xy^4 + A_{20}y^5,$$

где A_0, A_1, \dots, A_{20} - коэффициенты полинома,

которые нужно определить.

Количество коэффициентов при неизвестных (линейных уравнений) в зависимости от степени полинома α определяется по формуле

$$C_A = \sum_{i=1}^N C_i d_i^{-\alpha} / \sum_{i=1}^N d_i^{-\alpha},$$

где C_A - интерполированное значение показателя в узле A; N - количество ближайших точек; α - показатель степени; d_i - расстояние между ближайшими точками и узлом интерполирования; C_i - значение показателя в точке, ближайшей к узлу интерполирования.

Массив интерполированных значений в дальнейшем используется для визуализации пространственной изменчивости показателей в трехмерном пространстве и является исходным для построения поверхностей. Сравнивая столбиковую (рис. 12), каркасную (рис. 13) модели, модель на основе В-сплайна (рис. 14), визуально становится очевидным преимущество сплайна над другими способами оценки изменчивости показателей. На рис. 12-14 исследуемым показателем является $Fe_{\text{общ}}$, который определяется по данным опробования скважин на рудных карьерах.

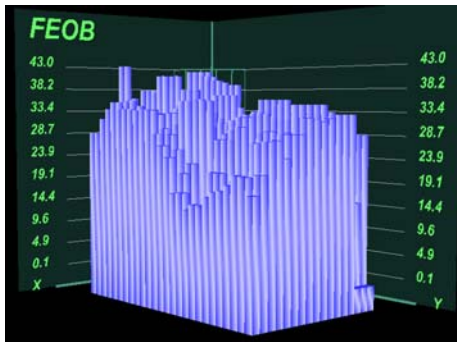


Рис. 12. Столбиковая модель изменчивости показателя

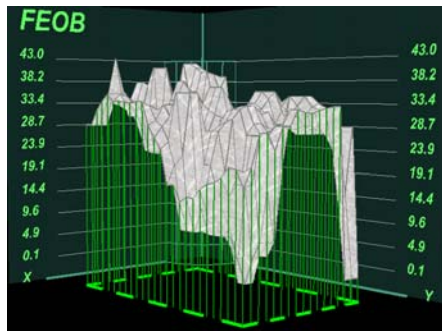


Рис. 13. Каркасная модель изменчивости показателя

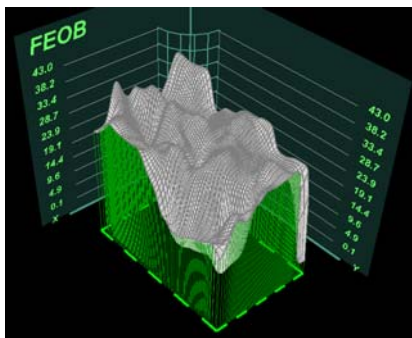


Рис. 14. Отображение изменчивости показателя с помощью В-сплайн

При построении каркасных моделей выполняется соединение линий между интерполяционными точками в двух взаимно-перпендикулярных направлениях.

В столбиковых моделях формируются соприкасающиеся прямоугольные призмы.

В сечениях этих призм квадраты с центром в интерполяционных точках и сторонами, равными шагу интерполяционной сети.

Высота призм определяет значения показателя в узлах.

На основе интерполяционной сети наиболее эффективно построение топофункций в виде NURBS-поверхностей (В-сплайна).

Преимущества использования В-сплайна в следующем. При корректировке исходных данных изменяется только ближайшая к этим данным область поверхности. NURBS-поверхность является управляемой, можно изменить характер прохождения поверхности относительно контрольных точек, изменяя вес их влияния.

Построение такой поверхности не требует высокой значности исследуемых показателей, обеспечивается высокая оперативность реализации [7-10].

Построение NURBS-поверхностей с помощью стандартных функций OpenGL не позволяет гибко управлять поверхностью, отсутствует возможность получения координат узлов поверхности для выполнения различных расчетов.

Кроме того, нельзя выделить цветом часть поверхности, а только поверхность в целом.

В этой связи были разработаны собственные функции для построения NURBS - поверхностей на основе В-сплайнов.

При построении NURBS-поверхности, используется следующая формула

$$P(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^M \sum_{k=0}^L w_{i,k} P_{i,k} N_{i,m}(u) N_{k,n}(v)}{\sum_{i=0}^M \sum_{k=0}^L w_{i,k} N_{i,m}(u) N_{k,n}(v)},$$

где $(M + 1)$ - количество контрольных точек по оси OX (нумерация точек от 0 до M); $(L + 1)$ - количество контрольных точек по оси OY (нумерация точек от 0 до L); $P_{i,k} = (x_{i,k}, y_{i,k}, z_{i,k})$ - координаты контрольных точек; $w_{i,k}$ - весовые коэффициенты контрольных точек; $N_{i,m}(u)$ и $N_{k,n}(v)$ - соответственно стыковочные B-сплайн функции в направлении осей OX и OY ; m и n - соответственно порядок стыковочных B-сплайн функций $N_{i,m}(u)$ и $N_{k,n}(v)$; $u \in 0, \dots, u_{max}$ (u_{max} - максимальное значение в узловом векторе u в направлении оси OX , равное $M - m + 2$); $v \in 0, \dots, v_{max}$ (v_{max} - максимальное значение в узловом векторе v в направлении оси OY , равное $L - n + 2$).

Выводы и направление дальнейших исследований. Реализация программного обеспечения комплекса задач "Graf10" выполнена авторами на языке Visual C++ 2010 под Windows с использованием инструментальных средств открытой графической библиотеки OpenGL.

Для выполнения каждой из представленных задач разработана универсальная структура, которая позволяет расширять возможности программного комплекса новыми задачами и совершенствовать уже разработанные.

Разработанный программный комплекс используется кафедрой информатики и прикладного программного обеспечения в учебном процессе для преподавания дисциплин, связанных с компьютерной графикой.

Список литературы

1. Ричард С. Райт, мл., Бенджамин Липчак OpenGL. Суперкнига, 3-е издание.: Пер. с англ – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1040с.
2. Зеленский О.С., Лисенко В.С., Баран С.В. Методичні вказівки до самостійного вивчення стандартних команд графічної бібліотеки OPENGL з використанням мови C++. – Кривий Ріг: КЕІ КНЕУ, 2006.-41с.
3. Зеленский А.С., Лысенко В.С., Чуринов Н.А. Методические указания для самостоятельного изучения математических основ компьютерной графики. – Кривой Рог: КЭИ КНЭУ, 2007.-41с.
4. Хилл Ф. OpenGL. Программирование компьютерной графики. Для профессионалов.– СПб.: Питер, 2002.– 1088 с.
5. Дональд Херн, М. Паулин Бейкер Компьютерная графика и стандарт OpenGL, 3-е издание.–М.: Издательский дом «Вильямс», 2005.–1168 с.
6. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики: Пер. с англ.– М.: Мир, 2001.-604с.
7. Автоматизация геолого-маркшейдерского обеспечения в информационной системе управления рудным карьером: монография / А.С. Зеленский, С.В. Баран, В.С. Лысенко и др.- Кривой Рог: Издательский центр ГВУЗ «КНУ», 2012.–362 с.
8. Зеленский А.С., Лысенко В.С. Построение кривых и поверхностей при решении горно-геометрических задач //Вісник Криворізького національного університету. Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: КНУ.–2013. -С. 186-190.
9. Зеленский А.С. Моделирование поверхности карьера с использованием B-сплайнов / А.С. Зеленский, В.С. Лысенко, В.И. Мельничук // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг: КТУ. – 2009. – №23. – С. 50–54.
10. Зеленский А.С. Использование NURBS поверхностей для автоматизированного построения изолиний изменчивости качественных показателей руды на карьерах / А.С. Зеленский, С.С. Пуханов, В.И. Мельничук // Науковий вісник НГУ.–2009.–№6.–С. 69–73.

Рукопись поступила в редакцию 12.03.14

УДК 621.315.052.7 – 621.395.14

В.П. РОЗЕН, канд. техн. наук, проф. Национальный технический университет Украины «КПИ»
Э.С. ГУЗОВ, канд. техн. наук, доц.; Р.А. ПАРХОМЕНКО, старший преподаватель.
Криворожский национальный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОЕМКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ШАХТ

В работе выполнена кластеризация значений электрических нагрузок для электроприемников с неоднородными режимами работы: компрессоров и подъемных машин. В результате были получены значения устойчивых уровней электрических нагрузок (максимального и минимального) и времени их действия.

Ключевые слова: электрические нагрузки, электроприемники, железорудные шахты.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Повышение эффективности электропотребления (ЭП) на всех видах горных предприятий напрямую связано с необ-