

УДК 622.273

Канд.техн.наук ПЛЮГИН В.І. (ДонНТУ)

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВВЕДЕННЯ ГЕОЛОГО-МАРКШЕЙДЕРСЬКОЇ ГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ РОЗРОБЦІ ЕЛЕКТРОННИХ ПЛАНІВ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

За останні роки на вугільних шахтах Донбасу здійснюється широкомасштабний перехід до використання електронних планів гірничих виробок. Юридичною основою для нього стали накази Міністерства палива та енергетики № 621 від 21.12.1999 р. та № 378 від 07.07.2004 р., у яких ці заходи розглядаються як найважливіші умови удосконалення роботи маркшейдерських служб.

Найбільш складним і трудомістким питанням при виконанні електронних планів гірничих виробок (ЕПГР) є введення геолого-маркшейдерської та технологічної інформації, накопиченої за час роботи шахти. Як показує аналіз літератури, воно здійснюється шляхом сканування зображень з паперових носіїв або шляхом прямого введення інформації про розташування тих або інших об'єктів плану за координатами [1]. Обидві ці схеми є малоефективними. Це обумовлене тим, що перша вимагає наявності дорогого стаціонарного обладнання, а друга — ручного введення до комп'ютеру величезної кількості первинних даних про координати точок маркшейдерської сітки раніше погашених підготовчих виробок. Усе це істотно стримує поширення електронних планів гірничих виробок (робіт) на вугільних шахтах галузі.

Якість ЕПГР перш за все залежить від точності введення графічної інформації. У свою чергу, остання визначається точністю вихідних даних  $\Delta_{и}$  та точністю прийнятої технології введення даних  $\Delta_{т}$ . Абсолютна погрішність ЕПГР становитиме:

$$\Delta = \Delta_{т} + \Delta_{и} \quad (1)$$

На наш час маркшейдерські служби вугільних шахт використовують у роботі такі різновиди вихідних графічних документів, що відбивають геометрію та технологію ведення гірничих робіт:

- планшети формату М 1:1000;
- планшети формату М 1:2000;
- планшети формату М 1:5000;
- планшети формату М 1:10000.

Перший різновид планшетів вважається робочим внутрішнім документом маркшейдерського відділу. Він є аркушем цупкого паперу з нанесеними на нього виробками однієї виймальної (проходчої) ділянки. Первинно цей різновид планшетів був призначений для попереднього зображення сітки гірничих виробок. У зв'язку з цим, більша частина інформації наноситься олівцем, вона багаторазово виправляється та змінюється; ступінь її деталізації є максимальним. Часто при укладанні робочих планшетів використовуються ненормативні умовні позначення. Оскільки папір із часом може досить істотно здеформуватися, то вся інформація з планшетів М 1:1000 повинна у досить короткі строки переноситися на планшети тривалого використання більш дрібних масштабів.

Планшети форматів М 1:2000, М 1:5000 та М 1:10000 є основними джерелами графічної інформації для виробництва як звичайних, так і електронних планів гірничих робіт. Планшет являє собою аркуш цупкого картону 2–3 мм завтовшки, розміри якого становлять 65×75 см. На робочій частині планшету (50×50 см) відображається коорди-

натна сітка зі стороною 10 см та відповідна частина плану гірничих виробок. Усі необхідні лінії проведені чорною тушшю. Застосовуються лише нормативні умовні позначення. Планшети призначені для вельми тривалого зберігання. У зв'язку з цим, для їх виготовлення використовується досить цупкий і практично нездатний до деформування картон. Усі перераховані види планшетів належать до документів, робота з якими регламентується особливими інструкціями [2]. Точність нанесення графічної інформації на всі види планшетів становить 0,2 мм ( $\Delta_{\text{н}}^{\text{п}}=0,2$  мм) [3].

Для того, щоб ввести до комп'ютеру графічну інформацію з планшетів, його можна або відсканувати із подальшою векторизацією отриманого растрового зображення, або оцифрувати за допомогою дигітайзера. І в тому, і в іншому випадку потрібна наявність досить громіздкого та дорогого обладнання (сканер формату А0, дигітайзер формату А0). Обидві операції є досить трудомісткими, вимагають спеціальних навичок від персоналу. Їх практично неможливо реалізувати в умовах маркшейдерської служби шахти. У зв'язку з цим було розроблено спеціальну нову технологію введення графічної інформації з планшетів із використанням цифрової фотокамери.

Сутність цієї технології полягає в наступному. Планшет міцно закріплюється на вертикальній та, бажано, пласкій поверхні. На відстані приблизно 1 м встановлюється спеціальний штатив, що має рівень. За його допомогою фотоапарат встановлюється у вертикальному положенні паралельно щодо планшету і виконується знімок. Точна відстань до планшету обирається експериментально з урахуванням того, щоб останній займав якомога більшу частину знімку. Як правило, це має місце, коли висота планшету у кадрі дорівнює висоті останнього. Це може бути досягнене шляхом зміни фокусної відстані фотоапарату (функція ZOOM).

Ефективну розрішаючу спроможність отриманого знімку можна визначити з такого відношення:

$$P_e = P_k / L, \quad (2)$$

де  $P_k$  — лінійна розрішаюча спроможність цифрової камери, т/дюйм;  $L$  — довжина сторони планшету, дюйм.

Отримане значення величини  $P_e$  фізично дорівнює щільності точок растрового файлу знімку. По суті справи ця величина є дуже близькою до максимальної помилки графічного зображення планшету, яке, у свою чергу, визначає точність технології введення даних до комп'ютеру. Таким чином:

$$P_e = \Delta_{\text{т}} \quad (3)$$

Згідно з відомими нормативами [3], точність ЕПГР має з рештою бути не менш ніж 0,2 мм, тобто  $\Delta=0,2$  мм. Звідси випливає, що, враховуючи відношення (1), якою б не була помилка технології введення інформації, без збільшення масштабу планшету відносно масштабу ЕПГР домогтися потрібної точності останнього неможливо. Величина  $\Delta_{\text{н}}$  ЕПГР буде оберненопропорційною щодо співвідношення його масштабу ( $M$  1:5000) та масштабу планшету  $M_{\text{п}}$ :

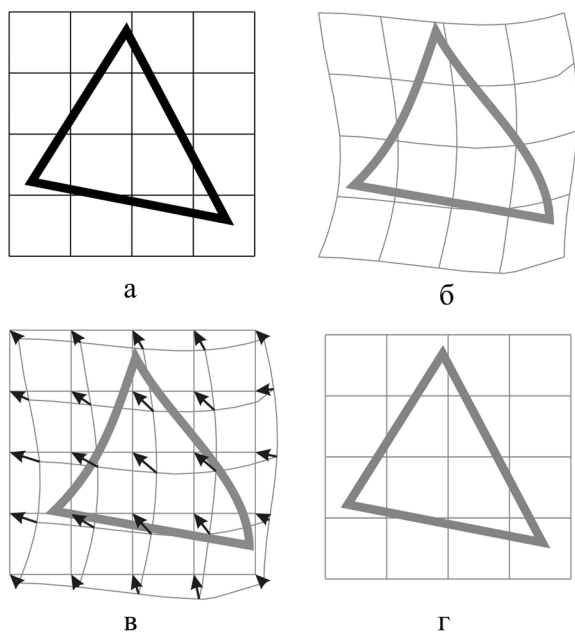
$$\Delta_{\text{н}} = \Delta_{\text{н}}^{\text{п}} \frac{M_{\text{п}}}{5000}. \quad (4)$$

З огляду на подані вище розмірковування, слід виконати всі необхідні обчислення, що дозволяють здійснити обґрунтований вибір мінімальної розрішаючої здатності цифрової камери, яка забезпечить потрібну точність під час використання планшетів певного масштабу. Результати цих обчислень зведено до таблиці 1.

**Табл. 1.** Результати обчислень необхідної розрішаючої спроможності цифрової камери для введення графічної інформації з планшетів різних масштабів

№	Масштаб планшету	Величина помилки введення $\Delta$ (мм) за розрішаючої спроможності камери $P_k$ (т/дюйм)				
		1000	1500	2000	2500	3000
1	1:1000	0,18	0,17	0,13	0,12	0,11
2	1:2000	0,28	0,21	0,18	0,16	0,14
3	1:5000	0,58	0,41	0,33	0,28	0,24
4	1:10000	1,08	0,74	0,58	0,48	0,40

Аналіз даних таблиці 1 показує, що необхідна точність ЕПГР може бути забезпечена лише при роботі з планшетами крупних масштабів М 1:1000 та М 1:2000. Причому, в останньому випадку має застосовуватися камера із розрішаючою спроможністю не нижче за 2000 т/дюйм. Ураховуючи те, що планшети М 1:1000 не зберігаються в процесі роботи шахти, для введення графічної інформації автори використовували лише планшети М 1:2000. Їх фотографування виконувалося цифровою камерою Olympus C-5050 із сумарною розрішаючою спроможністю оптичного сенсору 5,0 мегапікселів ( $5 \cdot 10^6$  т/дюйм), яка забезпечує мінімальну лінійну розрішаючу спроможність 2000 точок у кадрі. Камера устаткована флеш-картою формату SD обсягом 128 Мбайт. Це дозволяє накопичувати у ній одночасно до 120 знімків. Час зйомки одного планшету (2 електронні копії) становить приблизно 1 хвилину.



**Рис. 1.** Схема прямого і оберненого «деформування» растрового зображення вихідного планшету: а — вигляд вихідного планшету; б — вигляд планшету після фотографування; в — процедура оберненого «деформування» зображення; г — вигляд отриманого зображення

Разом із тим, детальний аналіз отриманих зображень показав, що вузли координатної сітки незакономірно відхиляються від свого первинного положення у результаті оптичного переломлювання і через нерівності самого планшету. При цьому спочатку прямі лінії сітки викривлюються, робоча зона планшету істотно відбиватиметься від квадрату, змінюється положення гірничих виробок. Це особливо проявляється на кордонах графічної зони. Для усунення цього ефекту було застосовано процедуру, сутність якої пояснюється схемами рис. 1.

На схемі рис. 1, а зображено умовну координатну сітку з нанесеним на неї трикутником. У результаті фотографування (сканування) ця сітка деформується і набуває іншої форми (рис. 1, б), що призведе до її «нестиковки» (несполучуваності) із сітками сусідніх планшетів. Для вирівнювання слід поверх отриманого растрового зображення накласти нову точну сітку за відомими координатами вузлів планшету (рис. 1, в). Для його зворотнього «деформування» у системі AutoCAD передбачений спеціальний модуль ACAD OVERLAYER. Робота з цим модулем зводиться до актива-

ції вузлів сітки та їх переносу у первинне положення у ручному режимі (рис. 1, в). За цих умов трикутник займає своє попереднє розташування (рис. 1, г).

Описана вище процедура коригування растрового зображення планшету загалом займає 10–15 хвилин. Після цього планшети легко сполучаються у загальний план гірничих робіт. Окрім того їх аналіз та накладання на вихідний документ показали повну ідентичність. Окрім згаданого модуля аналогічні функції виконують також пакети CAD RASTER, WISE IMAGE, RASTER DESK, auto desk MAP, grabber sheet та ін. [4–6].

Описана технологія введення вихідних геолого-маркшейдерських даних із планшетів М 1:2000 з використанням цифрової камери більш ефективна порівняно з застосовуваною раніше. Як показала практика, вона приблизно у два рази прискорює введення порівняно зі скануванням і приблизно у три рази — порівняно з оцифровкою на дигітайзері. Як приклад, на рис. 2 показано вкопювання з плану гірничих робіт за пластом С<sub>11</sub> шахти «Южнодонецкая № 1», яке було отримане з застосуванням нової системи введення інформації з подальшою векторизацією зображення та його поширеним формуванням (технологія «Fotomapdesk»).

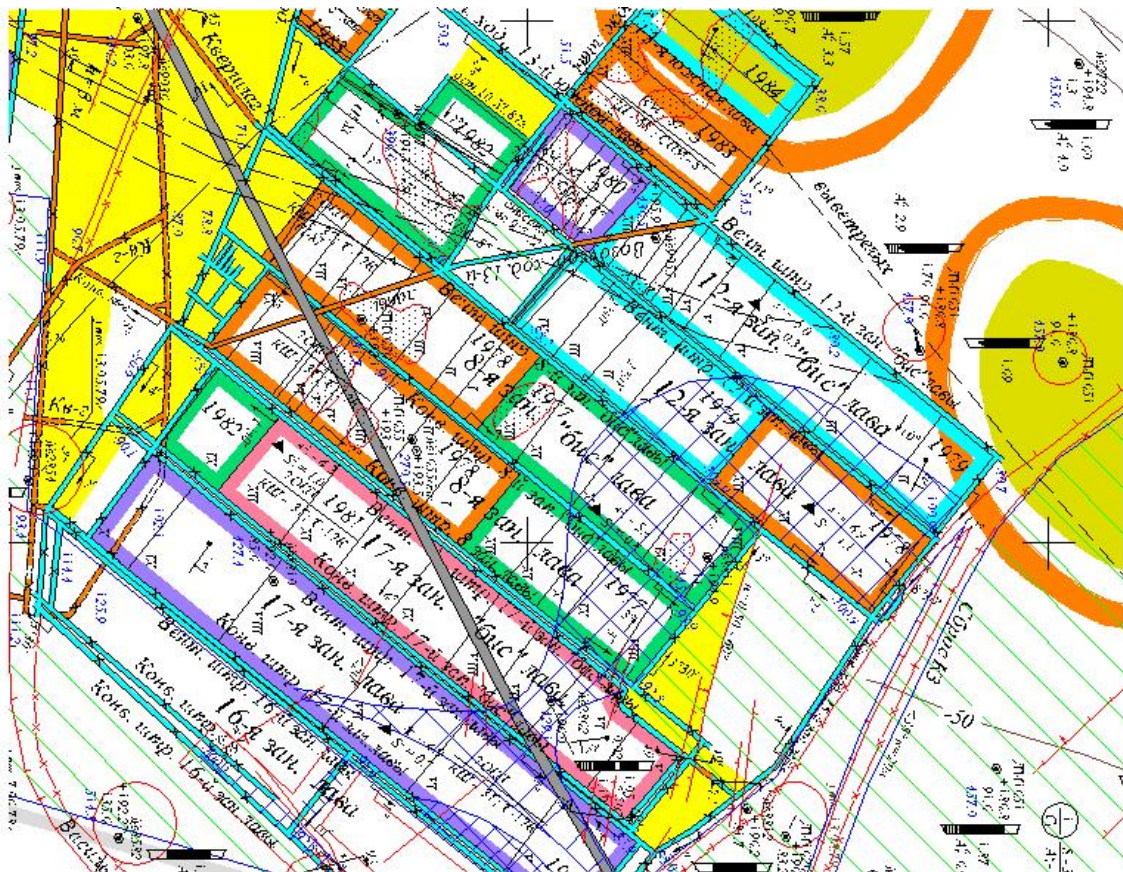


Рис. 2. Вкопювання з плану гірничих робіт пласта С<sub>11</sub> шахти «Южнодонецкая № 1»

У таблиці 2 наведений перелік ЕПГР, які були розроблені науковим колективом ДУНВГО під керівництвом автора за визначений період. Загальна кількість шахт складала 19, кількість шахтопластів — 37, сумарна площа ЕПГР у надрукованому вигляді — 82,68 м<sup>2</sup>, що відповідає їх площі в натурі — 2067 км<sup>2</sup>, та площі шахтних полів — близько 1550 км<sup>2</sup>. Під час розробки цих планів було оцифровано й векторизовано 873 планшети М 1:2000.

**Табл. 2.** Перелік шахтопластів та характеристики ЕПГР, розроблених з використанням нової технології

№	Шахти	Пласт	Розміри плану		Кількість планшетів	Площа	
			довжина, мм	ширина, мм		плану, м <sup>2</sup>	поля, км <sup>2</sup>
1	В.М.Бажанова	m <sub>3</sub>	2000	1650	32	3,3	82,5
2	О.Ф.Засядька	m <sub>3</sub>	2405	1170	42	2,81	70,25
3		l <sub>1</sub>	1975	1135	32	2,24	56,0
4		l <sub>4</sub>	1985	1115	26	2,21	55,25
5		k <sub>8</sub>	1975	1135	27	2,24	56,0
6		c <sub>11</sub>	2375	1085	31	2,58	64,5
7	«Южнодонбасская № 1»	c <sub>13</sub>	2660	1150	31	3,06	76,5
8		c <sub>10</sub> <sup>2</sup>	2365	1085	28	2,57	64,25
9		c <sub>18</sub>	2375	1085	17	2,58	64,5
10	«Южнодонбасская № 3»	c <sub>11</sub>	2310	1140	23	2,63	65,75
11		c <sub>10</sub> <sup>2</sup>	2310	1140	18	2,63	65,75
12		c <sub>6</sub>	2310	1140	18	2,63	65,75
13		c <sub>13</sub>	2310	1140	18	2,63	65,75
14	«Должанская-Капитальная»	l <sub>6</sub> <sup>н</sup>	2515	1130	44	2,84	71,0
15	«Чайкино»	m <sub>3</sub>	2320	1125	41	2,61	65,25
16	«Куйбышевская»	k <sub>8</sub>	1480	1150	33	1,7	42,5
17	«Бутовская»	n <sub>1</sub>	2915	2320	66	6,76	169,0
18	«Самсоновская-Западная»	k <sub>2</sub> <sup>н</sup>	2865	1175	12	3,37	84,25
19		i <sub>3</sub>	3470	1125	12	3,9	97,5
20	«Белореченская»	l <sub>6</sub> <sup>н</sup>	1235	850	9	1,05	26,25
21		h <sub>7</sub>	1375	700	8	0,96	24,0
22		h <sub>10</sub>	1245	820	27	1,02	25,5
23	«Молодогвардейская»	i <sub>пр</sub> <sup>3</sup>	2030	570	11	1,16	29,0
24		k <sub>2</sub>	1200	1120	19	1,34	33,5
25	Г.Г. Капустіна	k <sub>8</sub> <sup>н</sup>	1400	800	10	1,12	28,0
26		l <sub>1</sub> <sup>1</sup>	1350	800	8	1,08	27,0
27	«Краснолучская»	k <sub>4</sub>	1870	890	10	1,66	41,5
28	«Известий»	k <sub>7</sub> <sup>н</sup>	1955	1040	8	2,03	50,75
29	«Вергелевская»	l <sub>4</sub>	2005	895	14	1,79	44,75
30		l <sub>5</sub>	2025	830	16	1,68	42,0
31		l <sub>6</sub>	2010	1050	28	2,11	52,75
32	«Фашевская»	l <sub>6</sub>	1250	600	8	0,75	18,75
33		l <sub>8</sub>	1550	600	15	0,93	23,25
34		m <sub>3</sub>	1870	600	15	1,12	28,0
35	«Суходольская-Восточная»	i <sub>3</sub>	2860	830	48	2,37	59,25
36	«Украина»	l <sub>2</sub> <sup>1</sup>	1705	1150	26	1,96	49,0
37	О.О.Скочинського	h <sub>6</sub> <sup>1</sup>	3450	945	42	3,26	81,5
РАЗОМ					873	82,68	2067

Перехід вугільних шахт галузі на ЕПГР і заміна ними традиційних офсетних планів гірничих робіт є не просто прогресивним, але й економічно вигідним заходом. Створення такої гнучкої та сучасної графічної бази геолого-маркшейдерської та технологічної інформації призводить до істотного зниження трудомісткості маркшейдерської служби. Практично повністю відпадає необхідність у роботі картографа та секретника, спрощується процес поповнення та роздрукування як плану, так і численних вкопювань окремих його частин. Досвід показує, що це призводить до вивільнення як міні-

мум однієї робочої ставки у відділі. Заощадження коштів за заробітною платою у межах шахти скласти з нарахуваннями від 15 до 20 тисяч гривень на рік.

### Бібліографічний список

1. Воробйов С.О., Набокова В.В., Козиренко В.Н. Електронні плани гірничих виробок для вугільної промисловості // Горная геология, геомеханика и маркшейдерия. Сб. научных трудов. — Донецк, 2004. — С. 500–506.
2. Офіційний вісник України. № 13. — Київ: „Логос”, 2001. — 382 с.
3. Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах: Інструкція / Редкоміс.: М.Є.Капланець (голова) та ін. — Донецьк: ТОВ „Алан”, 2001. — 264 с.
4. [www.consistent.ru/soft/Consistent\\_Software/RasterArts/RasterDesk\\_6.html](http://www.consistent.ru/soft/Consistent_Software/RasterArts/RasterDesk_6.html) rasterdesk
5. <http://partnerproducts.autodesk.com/compatiblewith/map.asp> AUTODESK MAP
6. [www.cadsofttools.com](http://www.cadsofttools.com) – cadimage

© Пілюгин В.І., 2005

УДК 622.24.085

Канд. техн. наук КАРАКОЗОВ А.А. (ДонНТУ)

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ БУРОВЫХ СНАРЯДОВ НА ПРОЦЕСС ИХ ПОГРУЖЕНИЯ В ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН НА ШЕЛЬФЕ

В настоящее время при бурении разведочных скважин глубиной до 50 м в донных грунтах песчано-глинистого комплекса широко используются гидроударные буровые снаряды (ГБС), входящие в состав погружных установок однорейсового (ПУВБ-150, УГВП-150/8, УГВП-130/8) и многорейсового (УГВП-130МБ, УМБ-130) бурения [1–3].

Несмотря на довольно широкое распространение и использование этих технических средств, при их проектировании основное внимание уделяется гидроударному приводу. Ударная система проектируется или на основании упрощённых зависимостей процесса погружения снаряда в грунт, или зависимостей, не в полной мере отражающих как особенности процесса бурения, так и такие конструктивные особенности буровых снарядов, как наличие насосного блока [4, 5]. Ранее отмечалось, что такой подход в большинстве случаев не обеспечивает эффективную работу бурового снаряда в целом, даже если гидроударник обеспечивает максимальные энергетические показатели, и предлагались новые конструктивные схемы ударных систем ГБС [6].

Целью настоящей статьи является сравнительный анализ процесса погружения буровых снарядов в рыхлые донные отложения для оценки влияния их конструктивных особенностей, в частности — наличия насосного блока для создания обратной промывки в полости керноприёмной трубы. При этом ограничимся рассмотрением случая погружения в грунт чистопластической модели. Процесс ударного взаимодействия элементов бурового снаряда рассматривается с позиции классической теории удара. Возможность использования такого подхода достаточно полно обоснована как в теории ударного бурения грунтов [7], так и в теории погружения свай и вполне может быть применена в нашем случае при определённых соотношениях линейных и поперечных размеров ударной системы.

На рис. 1 представлены расчётные схемы погружения буровых снарядов. И в том и в другом случае погружение осуществляется за счёт ударов, которые наносятся