

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 ІРХ7, 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).

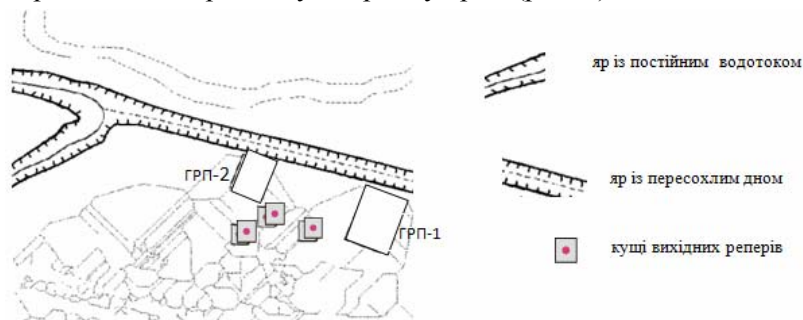


Рис. 1. Геоморфологічні умови території ГРП-1

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

довжині яру сильно заростає водяною рослинністю, яка особливо розвивається на пересохлих ділянках. Складені береги є насипними ґрунтами, у багатьох місцях, особливо у місці об'єднання яру 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.

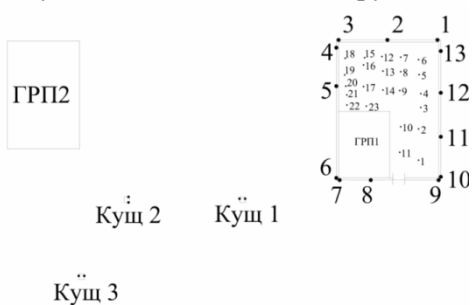


Рис. 2. Схеми розміщення реперів вихідної основи та осадових марок на території ГРП-1 РК № 2

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).

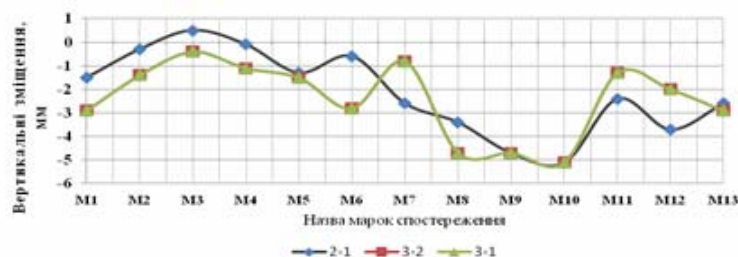


Рис. 3. Вертикальні деформації осадових марок у фундаменті ГРП-1

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.

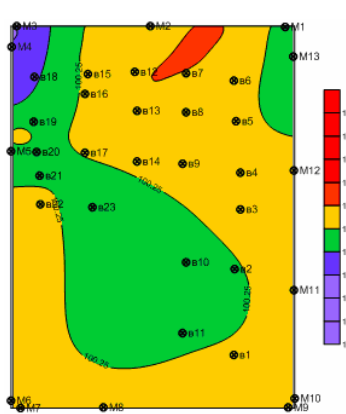


Рис. 5. Контурна карта висотного положення осадових марок ГРП-1 (цикл 1, 26.04.2013 р.)

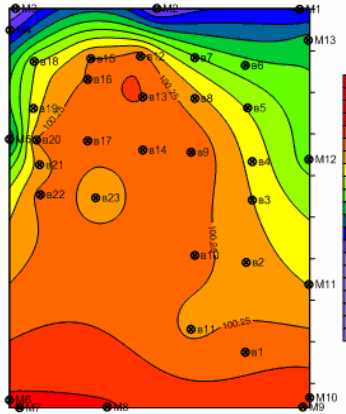


Рис. 6. Контурна карта висотного положення осадових марок ГРП-1 (цикл 2, 17.05.2013 р.)

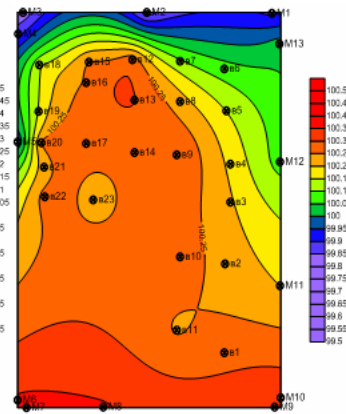


Рис. 7. Контурна карта висотного положення осадових марок ГРП-1 (цикл 3, 17.05.2013 р.)

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).

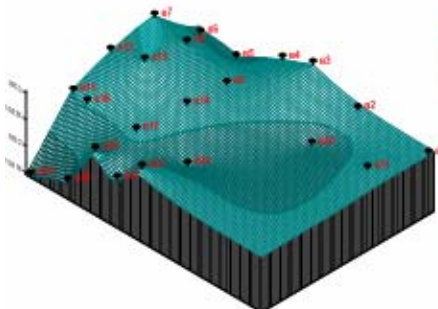


Рис. 8. 3-D Wireframe модель висотного положення осадових марок v1-v23 ГРП-1 (цикл 1, 26.04.2013 р.)

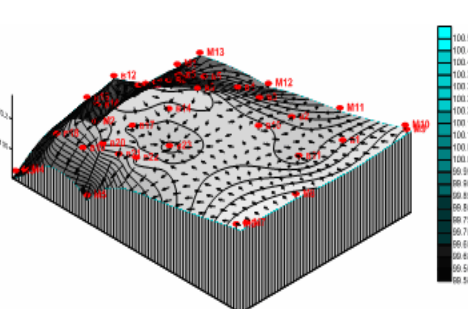


Рис. 9. 3-D Wireframe модель висотного положення осадових марок v1-v23 ГРП-1 (цикл 3, 25.06.2013 р.)

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

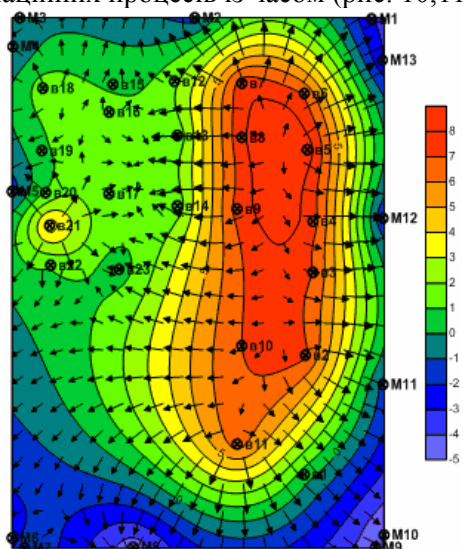


Рис. 10. Контурна карта розвитку вертикальних деформаційних процесів осадових марок ГРП-1 (цикли 2-1)

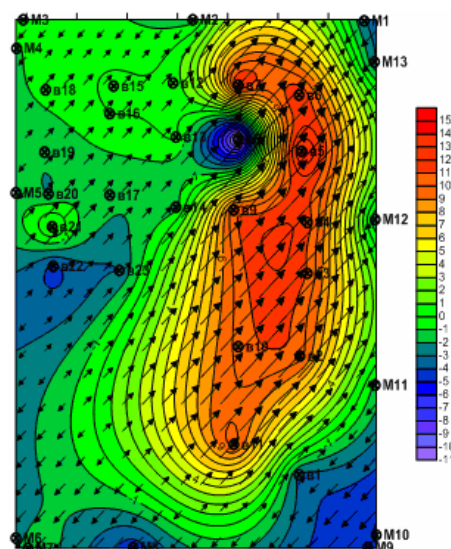


Рис. 11. Контурна карта розвитку вертикальних деформаційних процесів осадових марок ГРП-1 із нанесенням векторів зміщень (цикли 3-1)

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