

УДК 528.48

Р. ОЛЕСЬКІВ¹, В. САЙ²

¹ Кафедра кадастру територій, Національний університет "Львівська політехніка", вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна, 79013, тел.: +38(032)2582631, ел. пошта: RoksolanaO@i.ua

² Кафедра кадастру територій, Національний університет "Львівська політехніка", вул. Карпінського, 6, Львів, Україна, 79013, тел.: +38(032)2582631

ПРОГНОЗНА МОДЕЛЬ ВЕРТИКАЛЬНИХ РУХІВ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Мета. Безпечна та надійна експлуатація підземних сховищ газу (ПСГ) передбачає спостереження за вертикальними переміщеннями земної поверхні газосховища. Для роботи підземного сховища споруджують газокompресорну станцію, яка слугує для нагнітання та відбирання газу із пласта-колектора через експлуатаційні свердловини, які є безпосередньо пов'язані з газокompресором через відповідне технологічне обладнання та газопроводи – шлейфи. Під час вивчення вертикальних рухів земної поверхні підземних сховищ газу постає проблема розроблення моделі прогнозування цих процесів. Прогнозна модель повинна достовірно відтворювати інформацію про стан прогнозного об'єкта. Кількість показників цієї інформації має бути не надто великою, проте з достовірним ступенем точності відображати величини процесів та явищ, які нас цікавлять. **Методика.** Методика ґрунтується на аналізі результатів геодинамічних процесів на підземних сховищах газу. Для застосування цієї методики потрібне детальне вивчення геодинамічних процесів на ПСГ з метою встановлення загальних закономірностей даних явищ та процесів. **Результати.** У результаті досліджень встановлено, що рухи земної поверхні та свердловини повністю адекватні фізичним процесам, пов'язаних з технологічною експлуатацією газосховищ. Тобто, під час закачування газу кривля сховища піднімається, а під час відбирання – опускається. **Наукова новизна.** Виконані детальні дослідження з геодинамічних процесів, які дають змогу виявити основні закономірності вертикальних переміщень земної поверхні залежно від місцезнаходження пунктів спостереження, а також від конструкцій цих пунктів. На основі виконаних досліджень розроблено прогнози моделі переміщення різних точок земної поверхні підземних сховищ газу. **Практична значущість.** Дослідження дають змогу вирішити проблему використання інженерно-геодезичних даних з метою визначення вертикальних рухів земної поверхні та безпечної експлуатації технічного обладнання ПСГ.

Ключові слова: підземні сховища газу; прогнозна модель; блок-схема; моніторинг.

Вступ

Безпечна та надійна експлуатація підземних сховищ газу (ПСГ) передбачає спостереження за вертикальними переміщеннями земної поверхні газосховища. Для роботи підземного сховища споруджують газокompресорну станцію, яка слугує для нагнітання та відбирання газу із пласта-колектора через експлуатаційні свердловини, які є безпосередньо пов'язані з газокompресором через відповідне технологічне обладнання та газопроводи-шлейфи [Галій П., Семчишин О., Сусак О., 2004].

Під час вивчення вертикальних рухів земної поверхні підземних сховищ газу виникає проблема розроблення моделі прогнозування даних процесів. Прогнозна модель повинна достовірно відтворювати інформацію про стан прогнозного об'єкта. Кількість показників цієї інформації

має бути не надто великою, проте з достовірним ступенем точності відображати величини процесів та явищ, які нас цікавлять.

Мета

Метою статті є побудова прогнозової моделі вертикальних рухів земної поверхні.

Технологічні вузли, трубопровідна мережа, надземні та підземні комунікації з'єднані фізично і пов'язані єдиним технологічним процесом. Зміна параметрів однієї частини газопровідної системи може спричинити зміну зовсім іншої частини. Застосування загальноприйнятої методології контролю технологічного обладнання з використанням класичних неруйнівних методів контролю недостатньо, оскільки не дає загальної оцінки технічного стану ПСГ загалом.

Тому розробка методики за технічним станом об'єктів ПСГ у реальному масштабі часу

є одним із основних напрямів забезпечення їхньої експлуатаційної надійності. Це дасть можливість оперативно впливати на негативні процеси, прогнозувати їх і запобігати виникненню аварійних ситуацій з небезпечними наслідками.

Методика

Під час вивчення вертикальних рухів земної поверхні підземних сховищ газу постає проблема розроблення моделі прогнозування цих процесів.

Ця модель повинна бути оптимальною, зважаючи на взаємозв'язки між технологічними процесами експлуатації підземних сховищ газу та фізичними змінами поверхні землі і робочих свердловин. Прогнозна модель повинна бути динамічною, моніторинговою з вислідкуванням процесів та результатів, які є кінцевим продуктом прогновної моделі [Боднар, 1979; Войтенко С., Мазницький А., 2002; William-son I., 2001, 2005].

Результатом функціонування такої моделі є видача інформації споживачам про об'єкт дослідження на предмет прийняття оперативних управлінських рішень.

Отже, створення прогновної моделі – це певна побудова такого алгоритму, який би об'єктивно відтворював явища та процеси про геодинамічні процеси ще до того, як об'єкт дослідження відчує на собі зміну дії навколишнього середовища. Формування прогновної моделі можна розглядати як відображення реальних процесів, понять, властивостей та зв'язків, які існують між технологічними та геодинамічними процесами на територіях підземних сховищ газу [Мазницький А., Олексюк В., Савків Б., 1995, Stubkjaer E., 2001]. Іноді суб'єктивізм розробників моделей, зміна дії зовнішнього середовища призводить до побудови моделей неадекватних реальності. Використовуючи прогнозу модель, можуть появлятися нові чинники, які докорінним чином впливають на кількісні та якісні параметри розробленої моделі. Так, під час використання прогновної моделі постійно виникає потреба уточнення її параметрів, що призводить до необхідності введення нових інформаційних показників, зміни структурних та функціональних зв'язків між досліджуваними

процесами, які наповнюють своїми даними прогнозу модель, що дає змогу розкрити нові закономірності в процесах контролю та управління геодинамічними процесами.

Отже, під час створення прогновної моделі існує певний антагонізм, який полягає в глибині наповнення цієї моделі необхідними вихідними даними, взаємодії між ними та остаточним результатом. Такий антагонізм потрібно усувати через поєднання поставлених у прогнозній моделі завдань з реальною ситуацією. Ефективний метод вирішення такої суперечності є також метод, який дає можливість не враховувати другорядні та нечіткі чинники, що можуть входити в цю модель.

У теорії і практиці існує велика класифікація моделей. Залежно від вибору методів та засобів моделювання модель може бути концептуальною (абстрактною) або фізичною (матеріальною). Концептуальні моделі слугують для відображення характеристик об'єктів моделі репрезентують соціальні, природні та інші явища і процеси.

Моделі можна подати аналітичними виразами з конкретними числовими даними. Такі моделі зараховують до числових.

Можуть бути моделі, сформовані на основі логічних зв'язків. Вказані моделі належать до логічних. До цієї групи моделей зараховують продукти програмного забезпечення. Як правило, такі моделі репрезентують графіками, діаграмами, текстовими поясненнями тощо.

Моделі, які відображають внутрішні зв'язки між окремими елементами або цілими ланками різноманітних факторів, зараховують до композиційних.

Існують моделі, які описують перспективу розвитку окремих компаній, асоціацій і суспільства загалом. Такі глобальні моделі мають назву нормативних або перспективних.

Моделювання може охоплювати різні за територією різноманітності. Залежно від цього розрізняють макромоделі, локальні моделі та мікромоделі [Перович І., Олесків Р., 2012, 2013].

Макромоделі дають можливість прогнозувати досліджувані явища та процеси на основі використання узагальнених показників, які характеризують це явища чи процес.

Зауважимо, що не всі моделі дають точний прогноз. Залежно від цього поділяють моделі детерміновані, що дають точний прогноз та стохастичні (ймовірні), що використовують за певних обмежень.

Важлива роль у моделюванні належить самій процедурі. Процедуру моделювання можна розділити на дві складові. Підготовчий етап – досліджуються загальні параметри явища чи процесу, моделювання яких передбачається, виділяються окремі структурні блоки та взаємозв'язки між ними [Перович Л., Олеськів Р., 2013, Олеськів Р., 2013].

Зважаючи на результати першого етапу, будують блок-схему прогнозної моделі та визначають алгоритм розрахунку її параметрів.

На завершальному етапі побудови моделі роблять її перевірку відповідно до вищеведених критеріїв, визначають її негативні та позитивні сторони і дають відповідний висновок щодо умов використання цієї моделі.

Підсумовуючи вищевикладене, визначимо основні засади створення моделі для прогнозування геодинамічних процесів на підземних сховищах газу.

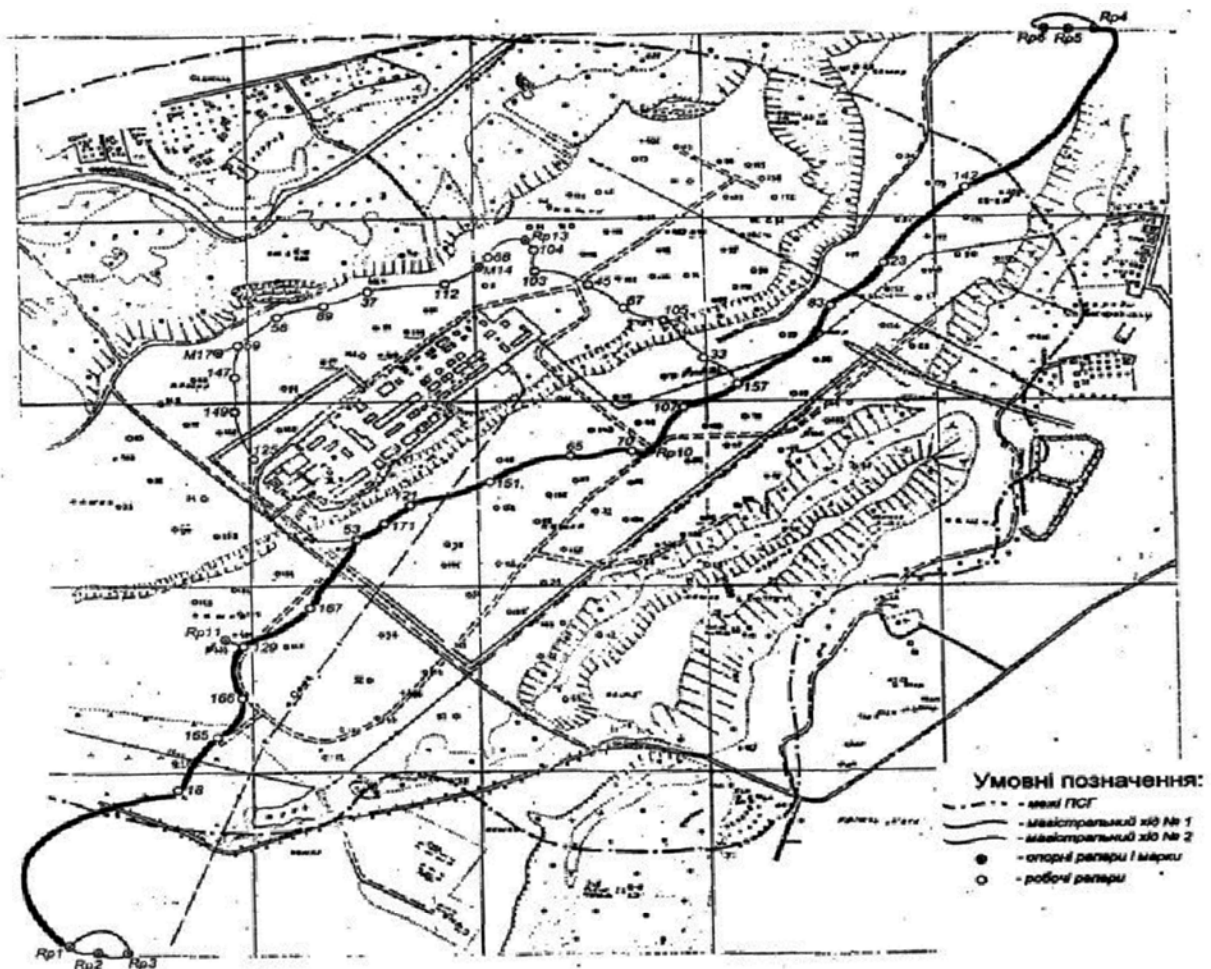


Рис. 1. Геодезична мережа на території газосховища
Fig. 1. Geodetic network on the territory of gas storage facility

За функціональним призначенням ця модель має бути інформаційною і надавати прогнозні висновки щодо вертикальних рухів земної поверхні та робочих свердловин адміністрації підземного сховища газу, іншим зацікавленим сторонам. Формування моделі має ґрунтуватися

на структурно-логічних зв'язках, які пов'язують результат з технологічними процесами експлуатації ПСГ, методикою та точністю визначення вертикальних перемішень досліджуваних об'єктів тощо. Модель має описувати реальний стан земної поверхні та робочих свердловин,

тобто вона повинна бути дескриптивною. Модель вертикальних переміщень земної поверхні та свердловин на підземному сховищі газу має ґрунтуватися тільки на даних окремого локального газосховища. Це означає, що ця модель буде локальною.

У роботі [Перович І., 2006] розглядалися питання комплексного дослідження загальних вертикальних переміщень (робочих та прогнозних) робочих реперів та виконано моделювання цього процесу.

Використовуючи матеріали високоточного нівелювання, ми поставили за мету всебічно дослідити вертикальні рухи земної поверхні на Богородчанському підземному сховищі газу по фактичних значеннях переміщення.

Для цього ми опрацювали матеріали 11 серій за вертикальними переміщеннями кривлі сховища газу. Основою досліджень послугували матеріали нівелювання II класу магістрального ходу RpI – Rp9 (рис. 1).

Цей магістральний хід містить 17 робочих реперів. Для десяти останніх серій спостережень ми визначили вертикальні переміщення робочих реперів відносно першої.

Вертикальні переміщення обчислювали як різниці висот однойменних робочих реперів у кінцевій та початковій серіях спостережень.

Тобто

$$S_k = H_{ki} - H_{k1}, \quad (1.1)$$

де S – переміщення k -го репера, H_{ki} – висота k -го репера в серії i , H_{k1} – висота k -го репера в першій (початковій) серії спостережень.

На першому етапі досліджень ми обчислили середні значення вертикального переміщення робочих реперів у кожній серії спостережень. Зауважимо, що серії 1, 3, 5, 7, 10 належать до періоду нагнітання газу в колектор, а 2, 4, 6, 8, 9 – до відбирання.

На основі даних побудовані графіки (рис. 2, 3) фактичних переміщень та виконано моделювання цього процесу, що може мати практичну потребу під час прогнозування вертикальних переміщень кривлі газосховища.

Зауважимо, що в цьому разі на графіках 1.2 та 1.3 подано середні значення вертикальних переміщень усіх робочих реперів по магістральному ходу. Перша (початкова) серія вико-

нана під час закачування газу і початкове значення переміщень реперів у цій серії вимірювань прийнято за нуль. В іншому випадку, під час відбирання газу, початковою серією на рис. 3 стала друга серія вимірювань, середнє значення осідання земної поверхні ПСГ становило близько 6 мм.

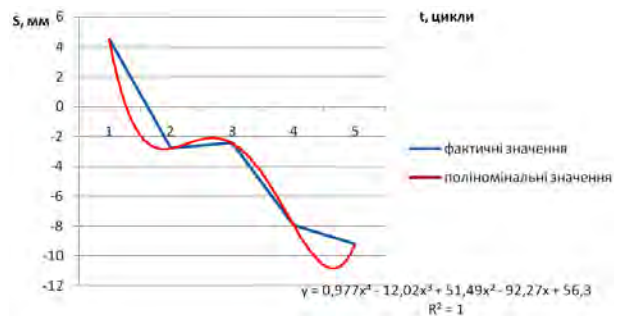


Рис. 2. Загальні переміщення при закачуванні газу
Fig. 2. General displacements when the gas is pumping

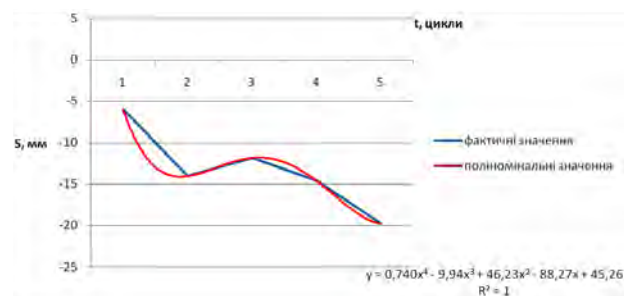


Рис. 3. Загальні переміщення при відбиранні газу
Fig. 3. General displacements when the gas is taking away

Досвід показує, що для вертикальних переміщень однією з найпоширеніших функцій, яка з певною мірою достовірно відображає ці процеси, є функція: [Черняга П., Сунчук О., 2005; Човинюк Н., 2005]

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \sum_{i=1}^n [A_i \cos(ji) + B_i \sin(ji)], \quad (1.2)$$

де $y = a_0, a_1, a_2, \dots, A_j, B_j$ – емпіричні коефіцієнти; x – прогнозний період.

Аналіз графіків (рис. 2, 3) загальних переміщень показує, що під час закачування газу відбувається підймання робочих реперів, а під час відбирання – їх опускання. У такому разі систематично (постійно) опускається земна поверхня. Тобто під час закачування газу в

наступний період, земна поверхня не повертається до свого попереднього висотного положення, який вона мала під час попереднього закачування, що свідчить про залишкові величини деформацій між технологічними циклами експлуатації газосховищ.

Під час експлуатації ПГС відбуваються значні переміщення техніки та транспортних засобів по об'єкту, ведуть будівельні роботи з прокладання нових шлейфів газопроводів, реконструюють старі та облаштовують нові свердловини. Усе це на перший план ставить вимогу надійного збереження робочих реперів фіксованих точок устя робочих свердловин. Тому на цьому промисловому об'єкті в нівелірні ходи, крім ґрунтових робочих реперів 10, 11, 12, 13, 123, включили фіксовані точки на устях свердловини.

Наведемо фрагмент детальних досліджень вертикальних переміщень ґрунтового Рр 10. Графіки вертикальних переміщень Рр 10 наведемо відповідно на рис. 4 та 5.

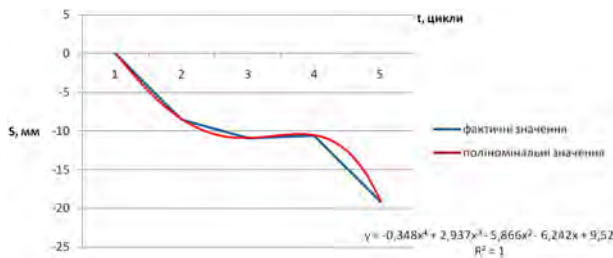


Рис. 4. Вертикальні переміщення свердловини Рр 10 під час закачування газу

Fig. 4. Vertical displacements of borehole Рр 10 when the gas is pumping

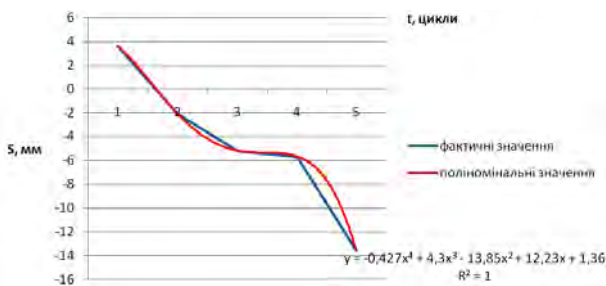


Рис. 5. Вертикальні переміщення свердловини Рр 10 під час відбирання газу

Fig. 5. Vertical displacements of borehole Рр 10 when the gas is taking away

Також виконано дослідження вертикальних переміщень фіксованих точок на гирлах свердловин 107 і 70. Зауважимо, що Рр 10 розта-

шований посередині між свердловинами 107 і 70. Аналіз поданих графіків дає змогу зробити висновок, що вертикальні переміщення гирла свердловин ґрунтового репера мають ідентичні напрямки. Різниця в відмітках (осіданнях) ґрунтового репера і фіксованих точок не перевищують в окремих серіях спостережень 4 мм (для циклу 8 свердловини 107 і циклу 11 свердловини 70). Тобто вказані різниці вертикальних переміщень ґрунтового репера і свердловин знаходяться в межах точності вимірювань перевищень. Так, можна зробити висновок, що під час спостережень за вертикальними переміщеннями кривлі сховища як робочі реperi можна використовувати фіксовані точки гирла свердловин.

Заслугує на увагу дослідження вертикальних переміщень під час закачування та відбирання газу на краю та в центрі газосховища. З цією метою наведено дані про переміщення гирла свердловини 18, яка знаходиться на краю контуру газосховища і свердловини 121, що розташовані в центрі.

Аналіз переміщення свердловини 18 та свердловини 121 показує, що в центрі газосховища вертикальні переміщення в одних і тих циклах спостереження більші за абсолютною величиною, ніж на краю. Осідання земної поверхні (фіксованих точок свердловини) в усіх циклах спостережень для центральної частини більше ніж крайньої. Різниця осідань центральної та крайньої свердловин коливається в межах від 2,1 мм (11 цикл) до 15,0 мм (5 цикл). Для свердловини 18 вертикальні переміщення знаходяться в границях від +5,32 мм до -20,12 мм, а для свердловини 121 – +3,18 мм до -27,12 мм. Так, загальний розмах вертикальних переміщень для свердловини 18 становить 25,44 мм, а для 121 – 30,30 мм. Звідси підтверджується висновок, що амплітуда коливань земної поверхні в центральній частині газосховища вища, ніж у крайніх. З метою дослідження механізму вертикальних переміщень центральної та крайньої частин газосховища під час відбирання та закачування газу ми вираховували різниці переміщень для свердловин 18 і 121 в однойменних циклах спостережень. Зауважимо, що значення осідань у циклах 1, 3, 5, 7 відповідають закачуванню газу в колектор, а в циклах 2, 4, 6, 8, 9 – відбиранню.

Аналіз досліджень показує, що під час закачування газу амплітуда різниці вертикальних переміщень між крайнім та центральним пунктом вимірів знаходиться в межах від 2,14 мм (10 цикл) до 14,97 мм (4 цикл). Під час відбирання газу мінімальна різниця вищевказаних величин становить 4,43 мм (7 цикл) і максимальна – 9,97 мм (цикл 3). Так розмах вертикальних переміщень для даних пунктів під час закачування газу становить 12,83 мм, а під час відбирання – 5,54 мм. Отже, під час закачування газу пункти спостережень, а значить кривля сховища рухається динамічніше.

Наведені графіки підтверджують висновки про максимальне опускання земної поверхні в центрі газосховища та про те, що під час відбирання газу земна поверхня на всіх довжинах магістрального ходу опускається нижче положення, яке вона займала під час закачування газу.

Коливання земної поверхні газосховища негативно впливає на режим експлуатації свердловин та технологічного обладнання, а також може призвести до низки негативних явищ, як це виникає на Богородчанському ПСГ. Вертикальні переміщення кривлі газосховища стали одним із збудників зсувних процесів у північно-західній частині газосховища.

Результати

У результаті досліджень встановлено, що рухи земної поверхні та свердловини повністю адекватні фізичним процесам, пов'язаних з технологічною експлуатацією газосховищ. Тобто, під час закачування газу кривля сховища піднімається, а під час відбирання – опускається.

Практична значущість

Дослідження дають змогу вирішити проблему використання інженерно-геодезичних даних з метою визначення вертикальних рухів земної поверхні та безпечної експлуатації технологічного обладнання ПСГ.

Висновки

1. На основі всестороннього аналізу та відповідної математичної обробки встановлено, що процеси вертикальних переміщень описують математичні функції представлені поліномами п'ятої степені.

2. Встановлено, що під час закачування газу амплітуда вертикальних переміщень між краєм та центром газосховища приблизно в

2,5 разу більша, ніж під час відбирання. Для фіксованих точок земної поверхні розмах вертикальних переміщень під час закачування газу більший, ніж під час відбирання. Це засвідчує, що під час закачування газу земна поверхня рухається динамічніше.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Аналіз ефективності заміни фонтанних труб свердловин Дашавського ПСГ / [П. Галій, О. Семчишин, О. Сусак та ін.]; Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – Івано-Франківськ : Факел, 2004. – № 2 (8). – С. 181–185.
- Боднар А. Л. Оседание земной поверхности в районе Шебелинского газового месторождения / А. Л. Боднар. – М. : Геодезия и картография, 1979. – Вип. 11. – С. 16–18.
- Войтенко С. Система комплексної оцінки і прогнозування деформацій масиву гірничих споруд при розробці родовищ вуглеводнів / С. Войтенко, А. Мазнишкий // Інженерна геодезія. – К., 2002. – № 47. – С. 28–36.
- Мазнишкий А. Влияние техногенных факторов при эксплуатации ПХГ на герметичность скважин / А. Мазнишкий, В. Олексюк, Б. Савкив // Подземное хранение газа. – М., 1995. – С. 33–98.
- Перович І. Автореферат дисертації “Моніторинг земної поверхні підземних сховищ газу” / І. Перович. – К., 2006.
- Перович І. Теоретичні аспекти моделювання процесів напружено-деформованого стану свердловин підземних сховищ газу / І. Перович, Р. Олесків // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2012. – Вип. II (24). – С. 126–129.
- Перович І. Вертикальні переміщення труб свердловин видобутку та зберігання вуглеводнів / І. Перович, Р. Олесків // Геодезія, картографія та аерофотознімання: міжвідомчий наук.-техн. зб. – 2013. – № 77. – С. 112–114.
- Перович Л. Моделювання напружено-деформаційного стану покрівлі підземних сховищ газу / І. Перович, Р. Олесків // Вісник Криворізького національного університету. – 2014. – Вип. 38. – С. 36–39.
- Олесків Р. Аналіз моделей визначення напружено-деформаційного стану обсадних колон свердловин на основі геодезичних вимірювань / Р. Олесків // Геодезія, картографія та аерофотознімання : міжвідомчий наук.-техн. зб. – 2013. – № 78 – С. 180–182.
- Черняга П. Моделювання рухів Земної поверхні та споруд з метою експертного оцінювання їх стану / П. Черняга, О. Сунчук // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів : Ліга-Прес, 2005. – С. 384–387.

Човинюк Н. Ю. Методи динамічного програмування в аналізі економічної ефективності землекористування / Н. Ю. Човинюк // Інженерна геодезія. – К. – Вип. 45. – С. 246–253.

Williamson I. The Evolution of Modern Cadaster. Paper presented on the Conference on new technology in a

new century, FIG Working Week, Seoul, Korea 6–11 May. – 2001.

Williamson I. Ting L. Land administration and cadastral trends a framework for reengineering // Computers. Environment and Urban Systems, 2005.

Swedish Land and Cadastral Legislation. – Stockholm, 2001. – 130 p.

Р. ОЛЕСЬКІВ¹, В. САЙ²

¹ Кафедра кадастра територій, Національний університет “Львівська політехніка”, ул. С. Бандери, 12, Львів, Україна, 79013, тел. +38(032)2582631, ел. пошта: RoksolanaO@i.ua

² Кафедра кадастра територій, Національний університет “Львівська політехніка”, ул. Карпинського, 6 Львів, Україна, 79013, тел.: +38(032)2582631

ПРОГНОЗНАЯ МОДЕЛЬ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Цель. Безопасная и надежная эксплуатация подземных хранилищ газа (ПХГ) предусматривает наблюдение за вертикальными перемещениями земной поверхности газосховища. Для работы подземного хранилища сооружают газокomppressorную станцию, которая служит для нагнетания и отбора газа из пласта-коллектора через эксплуатационные скважины, которые являются непосредственно связанные с газокomppressorом через соответствующее технологическое оборудование и газопроводы-шлейфы. В процессе изучения вертикальных движений земной поверхности подземных хранилищ газа возникает проблема разработки модели прогнозирования данных процессов. При этом прогнозная модель должна достоверно воспроизводить информацию о состоянии прогнозного объекта. Количество показателей данной информации должно быть не слишком большой, однако с достоверной степени точности отражать величины процессов и явлений, которые нас интересуют. **Методика.** Методика основывается на анализе результатов геодинамических процессов на подземных хранилищах газа. Для применения этой методики требуется детальное изучение геодинамических процессов на ПХГ с целью установления общих закономерностей данных явлений и процессов. **Результаты.** В результате исследований установлено, что движения земной поверхности и скважины полностью адекватны физическим процессам, связанных с технологической эксплуатацией газохранилищ. То есть, при закачке газа кровля хранилища поднимается, а при отборе – опускается. **Научная новизна.** Выполнены детальное исследование с геодинамических процессов, которые позволяют выявить основные закономерности вертикальных перемещений земной поверхности в зависимости от места расположения пунктов наблюдения, а также от конструкций этих пунктов. На основе выполненных исследований, разработаны прогнозные модели перемещения различных точек земной поверхности подземных хранилищ газа. **Практическая значимость.** Исследования позволяют решить проблему использования инженерно-геодезических данных с целью определения вертикальных движений земной поверхности и безопасной эксплуатации технического оборудования ПХГ.

Ключевые слова: подземные хранилища газа; прогнозная модель; блок-схема; мониторинг.

R. OLESKIV¹, V. SAY²

¹ Department of cadastre of territories, Lviv Polytechnic National University, S. Bandera str., 12, Lviv, Ukraine, 79013, tel.: +38 (032) 2582631, e-mail: RoksolanaO@i.ua

² Department of cadastre of territories, Lviv Polytechnic National University, Karpinski str., 6, Lviv, Ukraine, 79013, tel.: +38 (032) 2582631

FORECAST MODEL OF VERTICAL DISPLACEMENTS OF EARTH'S SURFACE

Purpose. Safe and reliable exploitation of underground gas storages (UGS) involves monitoring of the vertical displacements of the earth's surface of gas storage. For the operation of underground storage people construct the gas compressor station, which serves to discharge and sample the gas from the reservoir bed through the exploitation wells, which are directly related to gas-compressor plant through the appropriate technological equipment and gas flow-lines. In the process of studying vertical displacements of the earth's surface of underground gas storages there is a problem to develop forecasting models of these processes. This forecast model should reliably reproduce information about the state of the forecast object. Number of indicators of this information should not be too big, but with reliable degree of accuracy to display the value of processes and phenomena that interest us. **Methodology.** The methodology is based on the analysis of geodynamic processes results on underground gas storage facilities.

Application of this methodology requires a detailed study of geodynamic processes on the UGS in order to establish common patterns of these phenomena and processes. **Results.** As a result of researches it was determined that the displacements of the earth's surface and the borehole are completely adequate to physical processes associated with the technological exploitation of gas storage facilities. That is, when the gas is pumping the storage's roof rises, while taking away – falls. **Scientific novelty.** Performed detailed researches of geodynamic processes that allow to reveal basic patterns of vertical displacements of the earth's surface, depending on the location of the observation points, as well as on constructions of these points. On the basis of executed researches are developed forecast models of displacement of different points of the earth's surface of underground gas storage facilities. **The practical significance.** Researches can solve the problem of using engineering and geodetic data in order to determine vertical movements of the earth's surface and safe exploitation of technical equipment of UGS.

Keywords: underground gas storage; forecast model; block diagram; monitoring.

REFERENCES

- Analiz efektyvnosti zaminy fontannykh trub sverdlovin Dashavs'koho PS.:H. P. Haliy, O. O. Semchyshyn, O. M. Susak ta in. [Analysis of efficiency of the replacement pipe fountain wells UGS Dashavske]. Naukovyy visnyk Ivano-Frankivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu nafty i hazu. [Scientific bulletin Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas]. Ivano-Frankivs'k., Fakel., 2004, no. 2 (8), pp. 181–185.
- Bodnar' A. Osedanye zemnoy poverkhnosti v rayone Shebelynskoho hazovoho mestorozhdenyya [The settling of the Earth's surface in the area of gas field Shebelynka]. Heodezyya y kartohrafiya [Geodesy and Cartography], Moscow, 1979, vyp. 11, pp. 16–18.
- Voytenko S. Maznytskyy A. Systema kompleksnoyi otsinky i prohnozuvannya deformatsiy masyvu hirnychkykh sporud pry rozrobsi rodovyshch vuhlevodniv [The system integrated assessment and prediction of deformations array of mining structures in the development of hydrocarbons]. Inzhenerna heodeziya [Engineering surveying]. Kyiv, 2002, no. 47, pp. 28–36.
- Maznytskyy A., Oleksyuk V., Savkyv B. Vlyyanye tekhnohennykh faktorov pry ekspluatatsiy PKhH na hermetychnost' skvazhyn [Influence of technogenic factors in ekspluatatsii UGS wells for leaks]. Podzemnoe khranenyne haza [underground gas storage]. Moscow, 1995, pp. 33–98.
- Perovych I. Avtoreferat dysertatsiyi Monitorynh zemnoyi poverkhni pidzemnykh skhovyshch hazu [Monitoring zemnoi poverhni pidzemnih skhovisch gas]. Kyiv, 2006.
- Perovych I., Oles'kiv R. Teoretychni aspekty modelyuvannya protsesiv napruzhenno-deformovanoho stanu sverdlovin pidzemnykh skhovyshch hazu [Teoretichni aspect of modeling of the stress-stained state of underground gas storage wells]. Suchasni dosyahnennya heodezychnoyi nauky ta vyrobnytstva [Modern geodesic advances of science and industry]. 2012, issue II (24), pp. 126–129.
- Perovych I., Oles'kiv R. Vertykal'ni peremishchennya trub sverdlovin vydobutku ta zberihannya vuhlevodniv [Vertikalni peremischennya pipes sverdlovin vidobutku that zberigannya vuhlevodniv]. Heodeziya, kartohrafiya ta aerofotoznimannya. Mizhvidomchyy nauk.-tekhn. zb. [Geodesy, Cartography and Aerial Photography]. 2013, no. 77, pp. 112–114.
- Perovych L., Oles'kiv R. Modelyuvannya napruzhenno-deformatsiynoho stanu pokrivli pidzemnykh skhovyshch hazu [Modeling of stress-strain state of the roof of underground gas storage]. Visnyk Kry'voziz'kogo natsional'noho universytetu [Bulletin Kryvozizkoho national university]. 2014, issue 38, pp. 36–39.
- Oles'kiv R. Analiz modeley vyznachennya napruzhenno-deformatsiynoho stanu obsadnykh kolon sverdlovin na osnovi heodezychnykh vymiryuvan' [Analysis of models determine the stress-strain state of casing wells based on geodetic measurements]. Geodeziya, kartografiya ta aerofotoznimannya. Mizhvidomchyy nauk.-tehn. zb. [Geodesy, cartography and aerial photography. Interdepartmental Science-Engineering. Collection]. 2013, no. 78, pp.180–182.
- Chernyaha P., Sunchuk O. Modelyuvannya rukhiv Zemnoyi poverkhni ta sporud z metoyu ekspertnoho otsinyuvannya yikh stanu [Modeling of movements of land and facilities to expert assessment of their condition]. Suchasni dosyahnennya heodezychnoyi nauky ta vyrobnytstva [Modern geodesic advances of science and industry]. L'viv, Liha Pres, 2005, pp. 384–387.
- Williamson I. The Evolution of Modern Cadaster. Paper presented on the Conference on new technology in a new century, FIG Working Week, Seoul, Korea 6–11 May, 2001.
- Williamson I. Ting L. Land administration and cadastral trends a framework for reengineering. Computers. Environment and Urban Systems, 2005.
- Stubkjaer E. Swedish Land and Cadastral Legislation. Stockholm: 2001, 130 p.