

УДК 528.481:551.782

А.Я. Кульчицький

Національний університет “Львівська політехніка”

ДО ПИТАННЯ ПРО ДЕФОРМАЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ТЕРЕБЛЯ-РІЦЬКОГО ТЕХНОГЕННОГО ПОЛІГОНУ

О Кульчицький А.Я., 2012

Исследовано влияние современных тектонических движений на деформации инженерных сооружений Тэрэбля-Рикской ГЭС, предложены рекомендации для дальнейшего мониторинга деформаций локального и регионального характера на сооружения ГЭС.

Investigated the influence of neotectonic movements in strain engineering constructions tereblya-rikska hydroelectric power plant (HPP), make recommendations for further monitoring of deformations local and regional to constructions HPP.

Постановка проблеми. Вивчення взаємодії геологічного середовища та інженерних споруд гідроелектростанцій, у реальному часі є надзвичайно актуальним, оскільки такі об'єкти є потенційно аварійно та екологічно небезпечними. Таке вивчення вимагає комплексних підходів із застосуванням передусім даних геодезичних вимірювань, а також геологічних, інженерно-геологічних і гідрологічних спостережень.

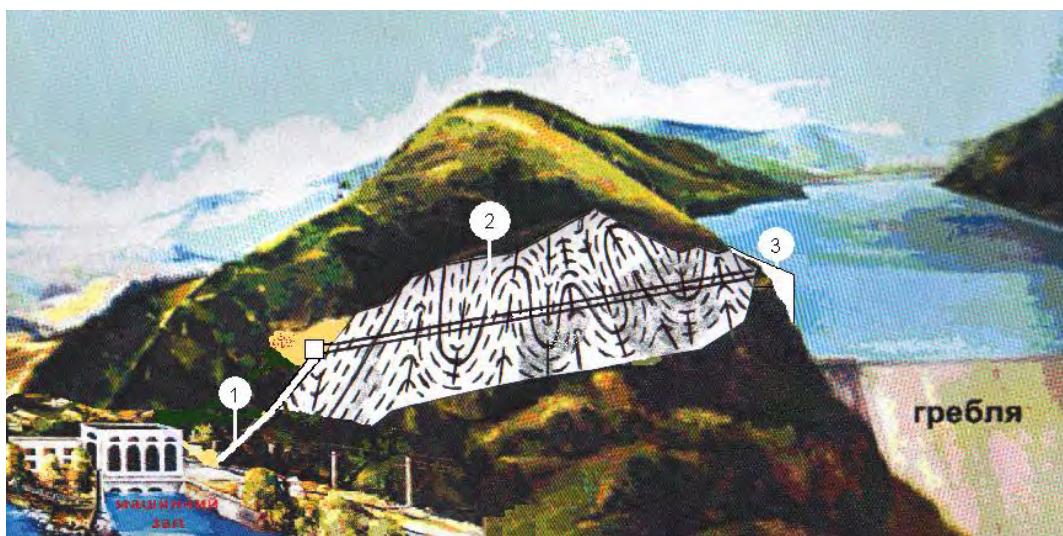


Рис. 1. Схема взаємодії інженерних споруд Терєбля-Ріцького техногенного полігону та геологічного середовища: 1 – напірний трубопровід; 2 – дериваційний тунель з відображенням складчастих структур та зон тріщинуватості (прямі пунктирні лінії); 3 – портал водоприймача

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Висвітлення питання взаємодії інженерних споруд та геологічного середовища знаходимо у [1, 3, 5, 7, 8, 10, 12].

На території Терєбля-Ріцького техногенного полігону (рис. 1) сучасні рухи земної поверхні фіксуються повторними геодезичними спостереженнями – це передусім короткоперіодичні деформації, які виникають у результаті коливання рівня води у водосховищі й детально описані у [3, 11].

На деформації дериваційного тунелю вказують зміщення, зафіксовані геодезичними вимірами на напірному трубопроводі та порталі водоприймача. За результатами усіх циклів спостережень у зоні з'єднання дериваційного тунелю і напірного трубопроводу виявлено аномалії усіх компонент деформацій, про що йдеться у публікаціях [2, 3, 7, 10].

Зміщення окремих ділянок напірного трубопроводу виникло внаслідок розтягу дериваційного тунелю під час короткотривалих, але багаторазових повторень стисків – розтягів та неповного згортання цих процесів через часткове заповнення кліважних тріщин у осьових частинах складчастих структур тріщин солями та карбонатами, які випадають з водного розчину [6, 13].

Портал водоприймача теж зміщується у бік водосховища, про що знаходимо інформацію у [4] та щорічних звітах ГНДЛ–18 інституту геодезії Національного університету “Львівська політехніка”.

Вплив гідродинамічного та гідрогеологічного режимів на деформації споруд ГЕС та АЕС детально розглянуто у праці [12], а їх прояв на території Теребля-Ріцької ГЕС – у публікаціях [5, 9].

Постановка завдання.

1. Дати кількісну оцінку впливу сучасних тектонічних рухів на геодинаміку Теребля-Ріцького техногенного полігону.
2. Дати рекомендації щодо покращення інформативності геодезичних вимірів для вивчення деформацій локального та регіонального рівня на території Теребля-Ріцької ГЕС.

Виклад матеріалу дослідження. На території, прилеглої до ГЕС, силами працівників ГНДЛ 18 Національного університету “Львівська політехніка” створено техногенний геодинамічний полігон для спостережень за деформаціями інженерних споруд на його поверхні, що дало змогу побудувати геодинамічну схему, яка відображає довготривалі та короткотривалі деформації, викликані коливаннями рівня води у водосховищі [2]. У опублікованих раніше публікаціях не було висвітлено інформації про роботи, які проведені на порталі водоприймача, тому коротко розглянемо результати цих досліджень.

Для спостереження за плановими зміщеннями порталу водоприймача на правобережній частині парапету греблі обладнано спеціальний інструментальний столик “Гребля” з примусовим центруванням, а на верхній грані об’язувальної балки водоприймача закладено сім контрольних марок вимірювання (КМВ-1 – КМВ-7), які розташовані в створі між інструментальним столиком і кінцевою маркою створу (рис. 2).

Для визначення планового положення марки КМВ-1, яка є кінцевою точкою створу “Гребля – КМВ-1”, виконувались періодичні інструментальні спостереження – вимірювання горизонтального кута між візирною маркою “П-ліва”, закладеною на лівій підпирній стінці греблі, та маркою КМВ-1. Вимірювання проводились оптичним теодолітом ТНЕО-010В (Німеччина).

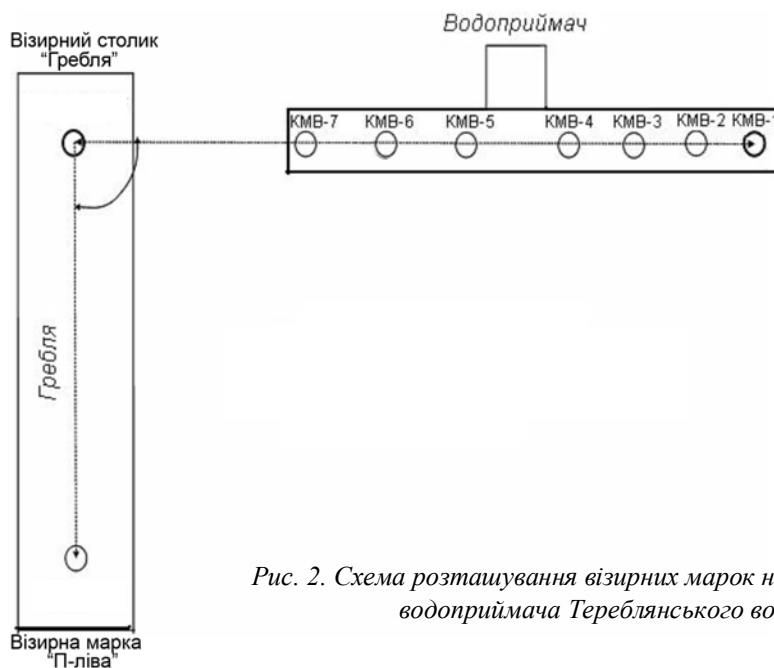


Рис. 2. Схема розташування візирних марок на греблі та на порталі водоприймача Тереблянського водосховища

За період з 1958 по 2010 роки зафіксовано зменшення значення кута на $40,3'$, що відповідає горизонтальному зміщенню марки КМВ-1 на величину 43.0 мм у бік Терезького водосховища [5].

У табл. 1 наводяться значення вимірних горизонтальних кутів за цей час.

Таблиця 1

Значення вимірних горизонтальних кутів для контролю планового положення марки КМВ-1 та її горизонтальні зміщення.

№№ циклу	Дата спостережень	Значення вимірюваного Кута	Відхилення в "
1	Жовтень 1958р.	$109^{\circ} 59' 22,9''$	-
2	Травень 1963р.	$109^{\circ} 59' 21,6''$	-1,3''
3	Вересень 1967р.	$109^{\circ} 59' 23,6''$	+0,7''
4	Червень 2002р.	$109^{\circ} 58' 55,9''$	-27,0''
5	Грудень 2002р.	$109^{\circ} 58' 45,3''$	-37,6''
6	Грудень 2003р.	$109^{\circ} 58' 40,3''$	-42,6''
7	Квітень 2004р.	$109^{\circ} 58' 48,7''$	-34,2''
8	Квітень 2005р.	$109^{\circ} 58' 45,7''$	-37,2''
9	Липень 2007р.	$109^{\circ} 58' 53,9''$	-29,0''
10	Грудень 2009р.	$109^{\circ} 58' 40,0''$	-42,9''
11	Травень 2010р.	$109^{\circ} 58' 42,6''$	-40,3''

Під час проведення практично всіх циклів спостережень зафіксовано горизонтальні зміщення усіх марок у бік водосховища при збереженні тенденції найбільших зміщень у середній частині водоприймача [1]. Це підтверджує зроблений раніше висновок [6] про розтяг напірного трубопроводу, який зумовлює незначне прогинання середньої частини порталу водоприймача у бік водосховища. Як видно з таблиці, характер зміщень був нерівномірний. Зокрема, заміри, проведені у вересні 1967 р., зафіксували незначне зміщення у зворотному напрямку, а у грудні 2003 р. максимальне зміщення у напрямку водосховища.

Для визначення вертикальних зміщень будівлі та порталу водоприймача співробітники Національного університету "Львівська політехніка" з 1969 по 2008 роки виконали вісім циклів нівелювання II-го класу нівеліром Н-05 № 00305 та комплектом 3-метрових інварних рейок. Під час нівелірних робіт зафіксовано чітко виражене підняття порталу водоприймача від КМВ-1 до КМВ-7 (рис. 2), яке становить (у мм.) відповідно: 12,9;12,6;8,9;11,3;17,3;16,7;14,5. Підняття порталу водоприймача викликається, очевидно, також розтягом дериваційного тунелю, нахилоного під невеликим кутом у бік напірного трубопроводу. Вертикальні зміщення відбуваються рівномірно і мають значення у межах допусків.

Проведені спостереження за горизонтальними та вертикальними деформаціями порталу водоприймача дали можливість встановити, що амплітуда деформацій є у межах допусків, але, на жаль ці дані не достатньо інформативні для визначення реальних векторів зміщень марок порталу водоприймача, тому при побудові геодинамічної схеми [13] ми умовно прийняли горизонтальне зміщення порталу таким, яке відповідає напрямку розтягу дериваційного тунелю. Пропонуємо при проведенні наступних циклів спостережень застосовувати додаткові виміри з використанням високоточних GPS-приймачів та тахеометрів, як це було зроблено для напірного трубопроводу, про що подаємо стисло інформацію нижче, оскільки детальніше вона вже була висвітлена в [10, 13].

Для визначення деформацій напірного трубопроводу Терезько-Ріцької ГЕС в 1989р. була створена спеціальна просторова геодезична мережа, детально проілюстрована у великій кількості публікацій, зокрема у [14], яка включає чотири базисних пункти мережі та п'ять пунктів спостереження. Визначення деформацій виконувалось методом трилатерації, а починаючи з 45-циклу (05.2000р.) методом супутникової геодезії за допомогою GPS-вимірів.

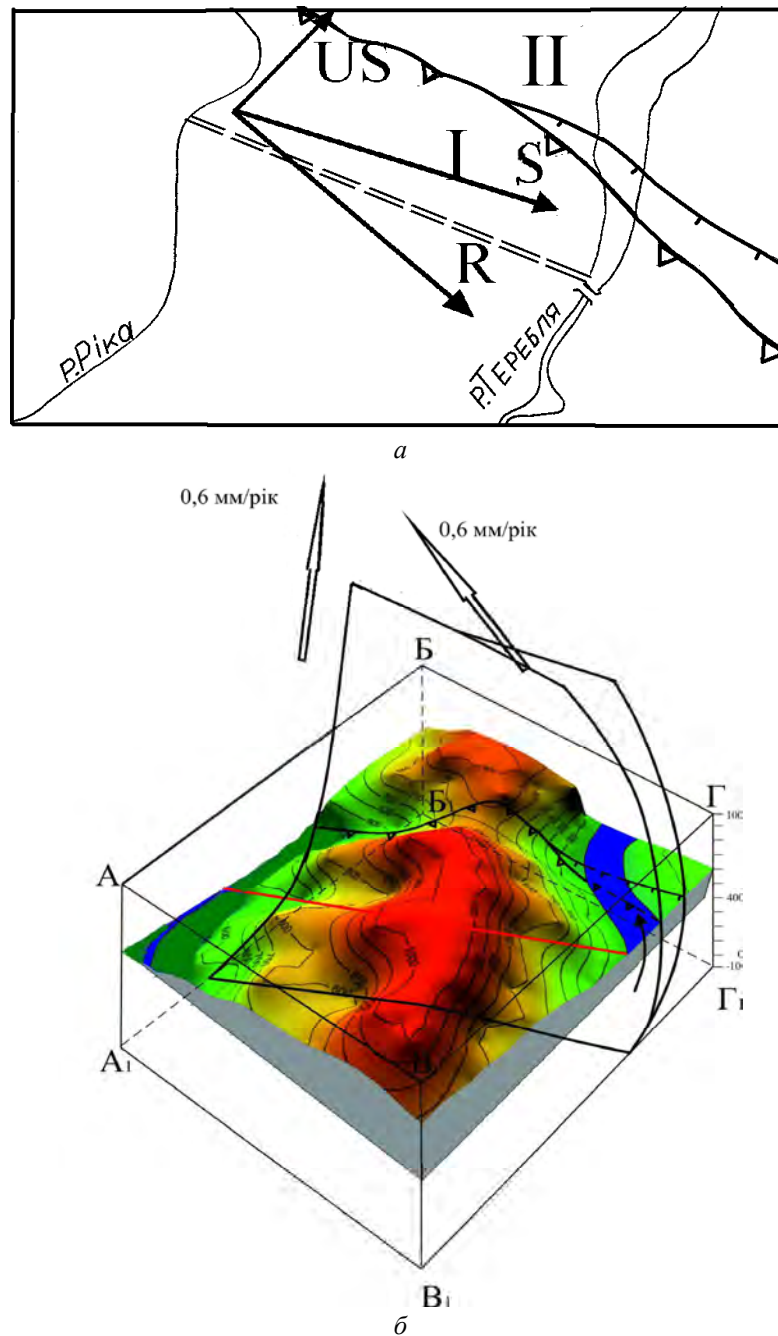


Рис. 3. Вплив сучасних тектонічних рухів на деформації напірного тунелю: а) фрагмент геологічної карти (I – Поркулецька та II – Дуклянська структурно-фаціальні зони; S – вектор регіональної, SU – насувної та R – ротаційної складових сучасних тектонічних рухів); б) 3D – модель деформацій дериваційного тунелю (лінія червоного кольору) викликаних формуванням насувних дислокацій у реальному часі (Детальні пояснення в тексті)

За період з 05.1989 по 06.2010 рр. виконано 63 цикли спостережень, зокрема 16 циклів виконані GPS-системою, яка призначена для виконання точних геодезичних вимірів. Виміри виконували GPS-приймачі Leica SR-9500, SR-399 та приймачі ProMark2 з використанням статичного режиму збору GPS-даних.

Результати вимірів 63-го циклу та їх різниці з першим циклом наведені в табл. 1. За допомогою електронної таблиці "QUATTRO-PRO" на персональному комп'ютері виконано урівноваження вимірів просторової мережі і визначено вектори зміщень опор напірного трубопроводу.

Окрім того, для дослідження впливу екстремальних коливань рівня води у водосховищі, зумовлених як природними чинниками, так і технологічними експлуатаційними потребами був застосований для вимірювань роботизований тахеометр LEICA TPS 1201 [10]. Це дало змогу визначити амплітуди та вектори зміщень окремих частин напірного трубопроводу та західної кінцевої частини дериваційного тунелю [13]. Як бачимо обсяг і інформативність вимірів проведених на напірному трубопроводі значно переважають інформативність робіт, проведених на порталі водоприймача.

Наведена інформація стосовно горизонтальної складової зміщень основних споруд Теребля-Ріцької ГЕС, як вже було показано раніше [13], підтверджує розтяг дериваційного тунелю та незначне вертикальне підняття portalу водоприймача. Амплітуда загального розтягу дериваційного тунелю за час його експлуатації становить 86 мм, тобто з урахуванням останнього циклу спостережень (травень–червень 2010 р.) ця цифра зросла на 6 мм.

Для кількісної оцінки впливу регіональної складової сучасних тектонічних рухів ми використали інформацію щодо регіональної складової їх прояву, що детально було висвітлено у [14]. При цьому ми враховували засади, що насувні процеси відбуваються і у реальному часу і визначаються взаємними зміщеннями Євразійської та Африканської літосферних плит [14]. Для оцінки амплітуди насуву ми використали інформацію, наведену у [14], де після зняття глобального тренду зміщень перманентних станцій у районі Карпат ми отримали усереднений вектор (S) їх зміщення у схід-південносхідному напрямку з швидкістю 1,6 мм/рік. (очевидно, що це значення не можна вважати повністю достовірним, оскільки найближчі перманентні станції розміщені дуже далеко від Теребля-Ріцької ГЕС). Отриманий вектор S ми розклали на складові US і R , які відповідно відображають насувне (0,6 мм рік) і ротаційне (1,4 мм рік) зміщення (рис. 3а).

Для побудови 3D моделі (рис. 3, б) деформацій дериваційного тунелю була використана інформація про структурно геологічні особливості будови уздовж русел Ріки та Тереблі по двох геологічних розрізах відповідно АБ і ВГ [13], яка полягає в тому, що площина насуву Поркулецької зони (лінія її перетину з землею поверхнею позначена на рис. 3, а, б чорною лінією з трикутниками) у першому випадку нахилена на північний схід під кутом 45° , а у другому – на південний захід під кутом 80° . На рис. 3, б показана просторова модель території Теребля-Ріцької ГЕС, де поверхні насувів основного і другорядного відображені між площинами $АБА_1Б_1$ і $ВГВ_1Г_1$. Насувні зміщення за 50 років експлуатації греблі становить близько 32 мм. Оскільки вектори деформацій спрямовані по площинах $АБА_1Б_1$ і $ВГВ_1Г_1$ у протилежні сторони (рис. 3, б), то відбуватиметься скручування (стрілка чорного кольору на рис. 3б) та руйнування дериваційного тунелю, що наочно ілюструє 3D модель. Щодо ротаційної складової, то вона яскраво вираженого деформуючого впливу на споруди ГЕС не створює, оскільки призводить до загального зміщення гірського масиву у складі Поркулецької зони разом з усією Карпатською дугою уздовж її простягання, що було показано у [14].

Висновки

1. Насувні деформації, амплітуда яких за період експлуатації греблі становить близько 32 мм, за швидкості 0,6 мм/рік виникають під впливом регіональної складової сучасних тектонічних рухів. Різностраховані напрямки прояву насувних дислокацій у долині Ріки та Тереблі призводять до виникнення деформацій кручення у масиві гірських порід та дериваційному тунелі ГЕС, що призводитиме до його руйнування.

2. Для достовірної кількісної оцінки деформацій споруд Теребля-Ріцького техногенного полігону, зумовлених різними чинниками, рекомендуємо здійснювати їх моніторинг шляхом проведення рівноцінних за інформативністю геодезичних та GPS-вимірів на максимальній кількості промаркованих точок; для оцінки впливу тектонічних деформацій, як на територію ГЕС, так і на

регіон Карпат, загалом, пропонуємо встановити на території Тербля-Ріцької ГЕС одну, або дві перманентні GPS-станції.

1. Белый Л.Д., Попов В.В. *Инженерная геология*. – М. Стройиздат, 1975. – 312 с. 2. Грицюк Т.Ю., Третяк К.Р. *Моніторинг напружень напірного трубопроводу Тербле-Ріцької ГЕС // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. – 2008. – Вип. II – С. 146 – 157. 3. Демедюк Н.С., Третяк К.Р. *О Риксом тектоническом разломе Карпат // Геодезія, картографія и аерофото-сьемка*. – 1992. Вип. 54. – С. 27–34. 4. Демедюк М.С., Сідоров І.С., Третяк К.Р. *Вплив Ріцького тектонічного розлому на деформації напірного трубопроводу Тербле-Ріцької ГЕС // Геодезія, картографія і аерофотознімання*. – 1993. – Вип. 55. – С. 14–22 5. *Комплексні дослідження просторових деформацій і напружень напірного трубопроводу Тербля-Ріцької ГЕС: Звіт з наук. –досл. роботи./ А.Л. Островський, К.Р. Третяк, М.С. Демедюк та ін. Львівський політехнічний інститут 1992. – 36 с.* 6. Кульчицький А. *Структурно-геологічні особливості території Тербля-Ріцької ГЕС та оцінка їх впливу на деформації дериваційного трубопроводу геологічними і геодезичними методами // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. – 2009. – Вип. II. – Л.: Вид-во НУ “Львівська політехніка”, 2009. – С. 44–48. 7. Рудько Г.І., Гамеляк І.П. *Основи загальної інженерної та екологічної геології*. Чернівці: Букрек, 2003. 423 с. 8. *Тербле-Ріцька ГЕС: 50 // Вісник Карпат*. – 2006. – С. 58. 9. Третяк К.Р., Сідоров І.С. *Дослідження взаємозв'язку між гідродинамічними навантаженнями Терблянського водосховища і деформаціями напірного трубопроводу Тербля-Ріцької ГЕС // Міжнар. симпоз. "Геодинаміка гірських систем Європи", Львів - Яремче: ЛАГТ. 1994. С. 38.* 10. Третяк К., Кульчицький А., Грицюк Т. *Дослідження деформацій напірного трубопроводу Тербле-Ріцької ГЕС з врахуванням інженерно-геологічних умов // XIII Міжнар. наук.-техн. симпоз. "Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS і GIS-технології"; Алушта, 2008 р. – С. 49–53.* 11. Третяк К.Р., Сідоров І.С. *Визначення зміщень інженерних споруд Тербле-Ріцької ГЕС. Технічна інформація. Нац. ун-т “Львівська політехніка”, 2008. – 24 с.* 12. Черняга П. Г. *Передбачення деформаційних процесів на геодинамічних полігонах АЕС з врахуванням динаміки гідрогеологічних умов // Инж. геодез. – 2000. – Вип.43. – С.208–215.* 13. Третяк К.Р., Кульчицький А.Я., Сідоров І.С. *Геодинаміка Тербля-Ріцького техногенного полігону // Геодинаміка. – 1 (9)/2010. – С. 47–52* 14. Третяк К.Р., Сідоров І.С. *Спостереження за зміщеннями інженерних споруд Тербле-ріцької ГЕС. Технічна інформація. – Нац. ун-т “Львівська політехніка”, 2011. – 26 с.* 15. Третяк К., Кульчицький А., Дульцев А., Серант О., Голубінка Ю., Кузнєцова В. *Оцінка впливу терейнів і сутур на сучасні рухи земної кори в Карпато-Балканському регіоні за результатами GPS-вимірів і геолого-геофізичними даними. Геодинаміка (Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища) Міжнародна наукова конференція // Науковий журнал № 2 (11). – 2011, Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – С. 298–300.*