

вперше в російській імперії, пропонує застосовувати в геодезичних та астрономічних розрахунках метод найменших квадратів Лежандра-Гауса [1].

У 1865-1868 рр. О. М. Савич, спільно з геодезистом П. М. Смысловим і фізиком Р. Е. Ліні, брав участь у гравіметричній експедиції з вимірювання сили тяжіння Землі від Торнео (Фінляндія) до річки Дунай (м. Ізмаїл), під час якої вперше в російській імперії проводив вимірювання сили тяжіння з використанням оборотних маятників. Саме Олексій Савич розробив методику визначення площі по карті в проєкції К. Ф. Гауса за допомогою планіметра [2].

Вчений також розробив методику обчислення рефракції земної атмосфери та вивів формулу розрахунку її залежності від щільності і температури повітря.

Олексій Миколайович розрахував та спроектував орбіти супутників планет Сонячної системи і більшості відомих нам комет. У 1872 р. саме він запропонував авторську методику розрахунку та проєктування орбіт планет і комет, вдосконаливши при цьому широко вживану методику К. Ф. Гауса.

За спільну з Х. І. Петерсом наукову працю «Обробка спостережень за кометою 1585 року» О. М. Савич був удостоєний Золотої королівської медалі, що присуджувалася редакцією журналу «Astronomische Nachrichten» Данського королівського товариства [1; 2].

#### **Список використаних джерел:**

1. Савич Олексій Миколайович. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Савич\\_Олексій\\_Миколайович](https://uk.wikipedia.org/wiki/Савич_Олексій_Миколайович). (дата звернення: 10.03.2023).

2. 1810 – Олексій Савич. URL: <https://daytoday.ua/podiya/oleksiy-savych>. (дата звернення: 10.03.2023).

**Іван РОМАНІВ,**  
студент 1 курсу ОС «магістр»  
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»  
Науковий керівник: **КУШНІРУК Тетяна Миколаївна,**  
кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
кафедри садово-паркового господарства, геодезії і землеустрою  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»,  
м. Кам'янець-Подільський

## **ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ОПРАЦЮВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІЩЕНЬ ТА ДЕФОРМАЦІЙ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД**

Особливості місця розташування, ендегенні, екзогенні та техногенні фактори і експлуатації об'єктів ГЕС зумовлюють деформаційні процеси у всіх інженерних вузлах та спорудах. Якщо деформації перевищують допустимі значення, то можуть виникати порушення цілісності інженерних об'єктів або їх руйнування, тому виникає необхідність у проведенні досліджень за деформаціями гідротехнічних споруд, розташованих на їх території. Для таких досліджень на території ГЕС створюють моніторингові мережі, які дозволяють визначати стабільність споруд та передбачати аварійні ситуації, а також значно забезпечують процес ремонту гідротехнічних споруд. Необхідно зазначити, що проблемою дослідження деформаційних процесів інженерних споруд ГЕС займалися такі вітчизняні вчені, як: Войтенко С.П., Третяк К.Р., Черняга П.Г., Шульц Р., Гуляев Ю.П., Левчук Г.П. та інші, а також зарубіжні вчені: Nematollah H., Yigit C., Wan A.

Дане дослідження містить теоретично-експериментальне обґрунтування методики опрацювання інженерно-геодезичних мереж, що використовують для дослідження зміщень та деформацій інженерних споруд ГЕС. Виконано опис причин та факторів, які зумовлюють деформаційні процеси в інженерних спорудах. На основі аналізу деформаційних процесів встановлено, що комплексні методи їх моніторингу є найефективнішими та дають максимальну точність результатів. Виконано огляд існуючих методів зменшення впливу систематичних похибок на результати опрацювання результатів вимірювань деформацій та встановлено, що існуючі методи є громіздкими, математично складними та не дозволяють достеменно усунути систематичні похибки з результатів одночасних спостережень. Встановлено, що застосування класичних методів опрацювання геодезичних вимірів у системах автоматизованого

моніторингу деформацій інженерних споруд не є ефективними, і тому розроблено модифікований параметричний метод опрацювання корельованих між собою результатів вимірів в режимі реального часу з врахуванням систематичних похибок.

Отримано теоретичне обґрунтування методу та рівняння поправок для ГНСС, лінійно-кутових вимірів і тригонометричного нівелювання. На основі методу статистичних випробувань доведено переваги модифікованого параметричного методу порівняно з класичним параметричним методом опрацювання інженерно-геодезичних мереж залежно від жорсткості мереж, величин систематичних і випадкових похибок, кількості пунктів і конфігурацій мереж. Виведено формули для розрахунку ефективності модифікованого параметричного методу порівняно з класичним параметричним методом залежно від кількості пунктів, жорсткості та розмірів мереж, величини систематичних і випадкових похибок. Встановлено, що зі збільшенням кількості пунктів в мережі та її жорсткості ефективність модифікованого параметричного методу врівноваження порівняно з класичним параметричним зростає.

Виведені формули для оцінки точності визначення деформаційних параметрів прогонів напірних трубопроводів ГЕС залежно від точності геодезичних вимірів та апробовано їх на дериваційному трубопроводі Терембле-Ріцької ГЕС. На основі еспериментальних досліджень встановлено, що точність визначення деформацій є на порядок вищою ніж величини самих деформацій.

За результатами опрацювання реальних ГНСС-мереж доведено ефективність використання модифікованого параметричного методу порівняно з класичним параметричним методом. Точність досягає 10÷20% для мереж з ідеальними умовами видимості супутників та задовільною тривалістю спостережень, а для мереж з екстремальними умовами (частково обмежена видимість супутників та занижена тривалість вимірів векторів) помилки визначення координат пунктів при опрацюванні модифікованим параметричним методом є на 10÷50% меншими ніж класичним параметричним, що підтверджує ефективність застосування модифікованого параметричного методу.

На основі апріорного розрахунку точності ГНСС-мереж, виконаного модифікованим параметричним та класичним параметричним методами врівноваження, встановлено, що похибки, визначені класичним параметричним методом, є на 60% меншими ніж реальні помилки, а для модифікованого параметричного методу вони відрізняються у межах 20 %, що вказує на значно більшу достовірність апріорної оцінки точності модифікованого параметричного методу та дозволяє його рекомендувати для врівноваження інженерно-геодезичних мереж, особливо на гідротехнічних спорудах зі складним рельєфом та обмеженими умовами видимості супутників.

### Список використаних джерел

1. Войтенко С., Шульц Р, Білоус М. Визначення кренів інженерних споруд методом наземного лазерного сканування. *Сучасні досягнення геодезичної 140 науки і виробництва: Зб. наук. пр.* Львів: «Львівська політехніка», 2009. Випуск I (17). С. 144–15
2. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві: ДБН В.1.3-2:2010 [Чинний від 2010-01-21]. Київ: МінрегіонбудУкраїни, Національні стандарти України, 2010. 70 с.
3. Tretyak K., Smoliy. Modified parameter methods of researching GNSS networks with correlative measurements and systematic errors. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. пр.* Львів: «Львівська політехніка», 2017. №2(34). С.55-67

**Олександр ТОМАШЕВСЬКИЙ,**

студент 2 курсу

спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Науковий керівник: **КИСЕЛЬОВ Юрій Олександрович,**

д. геогр. н., професор, завідувач кафедри геодезії, картографії і кадастру

Уманський національний університет садівництва,

м. Умань