УДК 528.3
DOI: 10.25140/2411-5363-2018-4(14)-248-257

Всеволод Бурачек, Сергій Крячок, Тетяна Малік,
Людмила Мамонтова, Володимир Немих

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВОЇ СМУГИ

Актуальність теми дослідження. *Україна є відомою країною з транспортного літакобудування та має розгалужену систему аеропортів. Для подальшого розвитку та модернізації інфраструктури авіаційного транспорту в нашій державі прийнято Державну цільову програму розвитку аеропортів на період до 2023 року.*

Постановка проблеми. *Для проведення догляду та реконструкції штучних покриттів у аеропортах: злітно-посадкових смуг, руліжних доріжок, перонів необхідно мати інформацію про рельєф їх поверхонь. З цією метою періодично виконується нівелювання поверхонь штучних покриттів.*

Аналіз останніх досліджень і публікацій. *Були розглянуті останні публікації у відкритому доступі, які присвячені технологіям нівелювання поверхонь.*

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. *Аналіз наведених способів нівелювання поверхонь свідчить про те, що переміщення геодезичного приладдя виконується переважно ручним способом, як і запис та опрацювання результатів.*

Мета статті. *Головною метою цієї роботи є розробка нового пристрою для нівелювання поверхонь аеропорту з підвищеним рівнем мобільності та автоматизації виконання робіт.*

Виклад основного матеріалу. *Авторами даної статті розроблено автоматизовану систему геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги. До її складу входять: мобільні нівелювальники; мобільні нівелірні рейки, які розташовуються на злітно-посадковій смузі; керуючі пристрої, що розміщені на центральній станції керування технічними системами аеропорту, яка розташована на диспетчерській вежі. Наведено функціональні елементи конструкцій мобільного нівелювальника, мобільної нівелірної рейки та центральної станції керування. Показано принцип функціонування автоматизованої системи геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги.*

Висновки відповідно до статті*. Розроблена система геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги дає змогу отримати значення висот точок в автоматичному режимі на заданій поверхні з регульованим кроком сканування. Така система ефективна для нівелювання великих за площею та протяжністю штучних покриттів аеропорту. Система дозволяє швидко визначити відмітки в режимі дистанційного ГІС/GPS керованого комплексу мобільних нівелірних роботів.*

Ключові слова*: нівелір; нівелювання поверхні; штучне покриття аеропорту.*
Рис.: 8. Бібл.: 12.

Актуальність теми дослідження. Україна є відомою країною з транспортного літакобудування та має розгалужену систему аеропортів. Для подальшого розвитку та модернізації інфраструктури авіаційного транспорту в нашій державі прийнято Державну цільову програму розвитку аеропортів на період до 2023 року [1].

Постановка проблеми. Для проведення догляду та реконструкції штучних покриттів у аеропортах: злітно-посадкових смуг, руліжних доріжок, перонів необхідно мати інформацію про рельєф їх поверхонь. З цією метою періодично виконується нівелювання поверхонь штучних покриттів [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині в практиці геодезичних вимірювань усе більше використовуються супутникові технології (рис. 1) [3–5]. Вони мають переваги в порівнянні з традиційними методами геодезії: незалежність від погодних умов, відсутність прив’язки до геодезичних пунктів (автономність), отримання координат точок у реальному часі.

Однак точність визначення висотних координат – відміток точок, нижча точності визначення планових координат. Значення висот, отриманих супутниковими методами, мають систематичні похибки [6]. Вони виникають внаслідок того, що під час опрацювання даних супутникового нівелювання використовується глобальна модель геоїда і не враховуються локальні його особливості в районі розташування штучних покриттів.

© Бурачек В. Г., Крячок С. Д., Малік Т. М., Мамонтова Л. С., Немих В. П., 2018

Рис. 1. Базовий та роверний GPS-приймачі

Нівелювання поверхні можна виконати з використанням ротаційних лазерних нівелірів (рис. 2) [7; 8]. Для цього ротаційний лазерний нівелір встановлюють зазвичай у центрі майданчика та приводять його в робочий стан. Навколо нівеліра ініціюється видима оком площина, що утворюється лазерним випромінюванням (рис. 2, *а*). Оператор послідовно переміщує рейку у точки визначення відміток на поверхні майданчика та бере відліки за рейкою. Також користується детектором, який може переміщуватись по рейці та реєструвати відліки за рейкою (рис. 2, *б*). Точність роботи кращих ротаційних лазерних нівелірів становить близько одного міліметра на кожні 10 м відстані від нівеліра. Максимальна відстань до рейки становить 400–700 м.

а *б*

Рис. 2. Нівелювання поверхні з використанням ротаційного лазерного нівеліра:
а – ротаційний лазерний нівелір; б –нівелювання майданчика

Нівелювання поверхні виконують за допомогою електронних (цифрових) нівелірів (рис. 3) [9; 10]. Для цього нівелір приводиться в робочий стан. Рейку встановлюють у окремі точки майданчика та наводять зорову трубу нівеліра на рейку. Відліки за рейкою виконуються в автоматичному режимі.

Рис. 3. Електронний нівелір та штрих-кодова рейка

Стандартні розрахунки з визначення відміток точок виконуються завдяки вбудованому процесору. Точність визначення перевищення становить кілька сотих міліметра − з використанням інварної штрих-кодової рейки та близько одного міліметра − з використанням стандартної штрих-кодової рейки. Максимальна відстань від нівеліра до рейки становить 100 м.

Відомий мобільний пристрій для автоматизованого нівелювання поверхонь [11] (рис. 4). Він дозволяє отримати значення висот точок в автоматичному режимі по заданій створній лінії з регульованим кроком сканування.

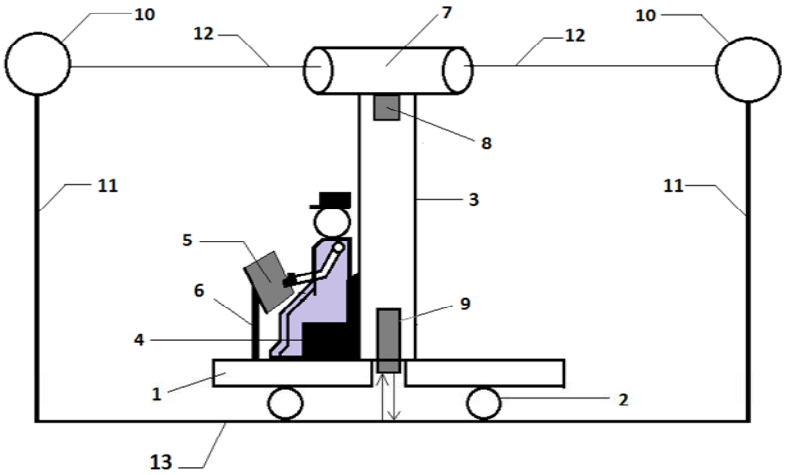

Рис. 4. Схема пристрою для автоматизованого нівелювання:
1 – мобільний пристрій; 2 – ходова частина; 3 – верхня стійка; 4 – сидіння оператора;
5 – пульт управління; 6 - стійку пульта управління; 7 – нівелірний оптико-електронний прилад;
8 – механізм обертання блока 7; 9 – блок ультразвукової локації; 10 – візирні марки;
11 – стійки візирних марок; 12 – візирні промені; 13 – поверхня майданчика

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Аналіз наведених способів нівелювання поверхонь свідчить про те, що переміщення рейок, ротаційних нівелірів, супутникових приймачів виконується вручну. Необхідно розмічувати місця їх встановлення на поверхнях нівелювання.

Застосування мобільного пристрою для автоматизованого нівелювання має той недолік, що необхідно переміщувати та встановлювати вручну опорні візирні цілі з відбивачами на опорні точки з відомими відмітками – для виконання нівелювання кожного створу та визначати відмітки крайніх точок кожного створу нівелювання.

Мета статі. Головною метою цієї роботи є розробка нового пристрою для нівелювання поверхонь із підвищеним рівнем мобільності та автоматизації виконання робіт.

Виклад основного матеріалу. Нами розроблено автоматизовану систему геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги (АСГМ ЗПС) [12]. До складу АСГМ ЗПС входять мобільні нівелювальники (МН), мобільні нівелірні рейки (МНР), які розташовані на ЗПС, та керуючі пристрої, що знаходяться на центральній станції керування технічними системами аеропорту, яку розміщено на диспетчерській вежі.

На рис. 5 зображено взаємодію мобільних пристроїв та блоків центральної станції керування технічними системами аеропорту. Блоки *1, 2, 3, 4, 5, 6* розміщують на центральній станції управління технічними системами аеропорту. МН 7 та МНР 8 керуються з центральної станції та передають інформацію через блок *6* на центральну станцію керування технічними системами аеропорту за допомогою каналів радіозв'язку.

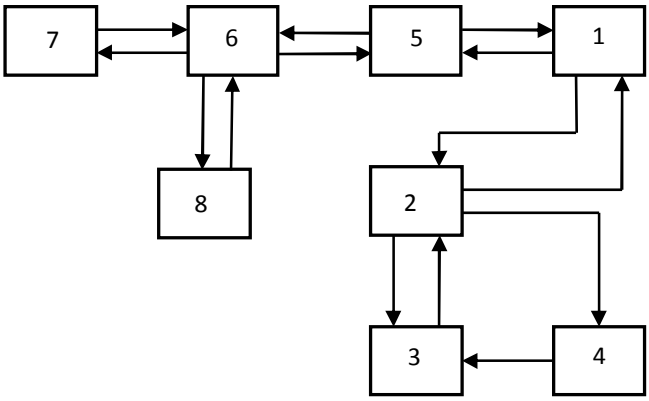

Рис. 5. Взаємодія мобільних пристроїв та блоків центральної станції керування технічними системами аеропорту:
1 – блок керування з монітором; 2 – блок обробки та зберігання інформації; 3 – блок інтелектуальної підсистеми з комплектом логістичних програм; 4 – блок геоінформаційної системи з приймачем GPS; 5 – блок кодування сигналів; 6 – блок прийому та передачі радіосигналів; 7 – мобільний нівелювальник (МН); 8 – мобільна нівелірна рейка (МНР)

Блоки кодування сигналів потрібні для усунення несанкціонованого доступу в роботу АСГМ ЗПС.

На рис. 6 показано розташування мобільного нівелювальника та мобільних нівелірних рейок на площині ЗПС під час нівелювання.

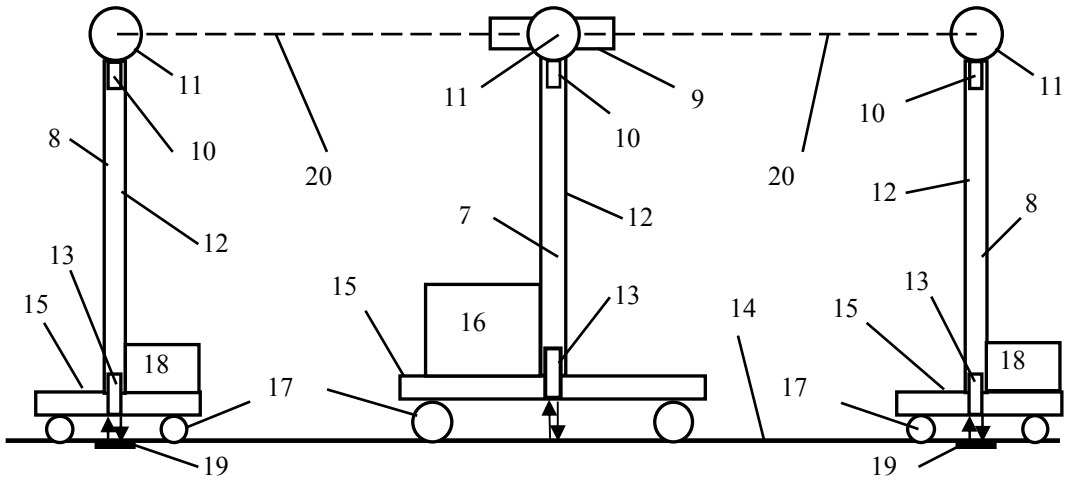

Рис. 6. Розташування мобільного нівелювальника та мобільних нівелірних рейок на площині ЗПС:
9 – оптико-електронний прилад (ОЕП) та світловіддалемірні блоки; 10 - механізм повороту ОЕП 9 та візирної цілі 11; 12 – вертикальна стійка; 13 - ультразвуковий давач перевищень основи над поверхнею 14, яка нівелюється; 15 – підставка; 16 – бокс із комплектом блоків МН; 17 – ходова частина візка; 18 – комплект блоків МНР 8; 19 – репер висотної підготовки; 20 – візирний промінь

МН 7 має оптико-електронний прилад (ОЕП) *9* з подвійною фотоприймальною матрицею та двома об'єктивами, що утворюють дві оптичні труби з візирними осями у взаємно протилежних напрямках, нижче якого розташовані два світловіддалевимірювальні блоки з тими ж самими напрямками світлових зондуючих променів. Площина візирної цілі 11 МН розташована паралельно візирному променеві 20 оптико-електронного приладу *7*. Візирні цілі 11 МН 7 та МПР 8 містять площини з набором, наприклад, світлодіодних матриць, а в нижній частині візирної цілі встановлено відбивач для світловіддалемірних вимірювань. Репери *19* виготовлені, наприклад, у вигляді металевих пластин з плоскими горизонтальними поверхнями, закладеними в одному рівні з покриттям ЗПС.

На рис. 7 зображено взаємодію комплекту блоків мобільного нівелювальника.

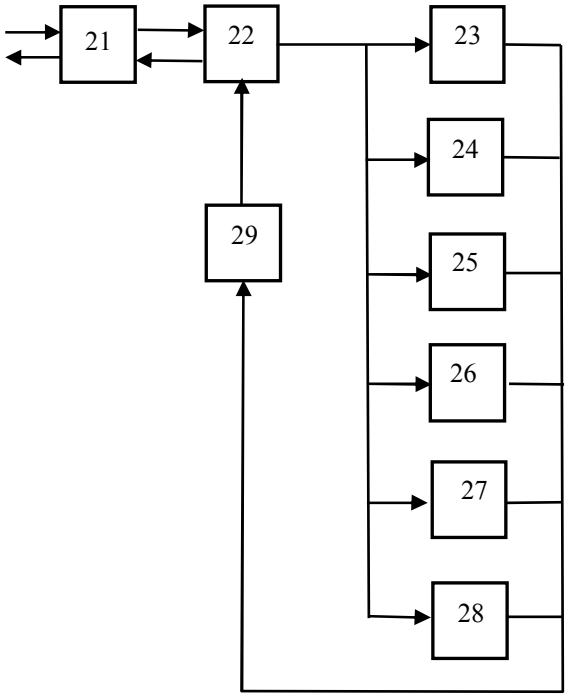

Рис. 7. Склад блоків мобільного нівелювальника:
21 – блок прийому та передачі радіосигналів; 22 – блок кодування сигналів; 23 – електронний блок керування ходовою частиною; 24 – блок світловіддалемірних вимірів; 25 – блок ультразвукової локації; 26 – блок приймача GPS; 27 – блок повороту ОЕП, візирної цілі та блок світловіддалемірних вимірів; 28 – ОЕП; 29 – блок формування сигналів

На рис. 8 показано взаємодію комплекту блоків мобільної нівелірної рейки.

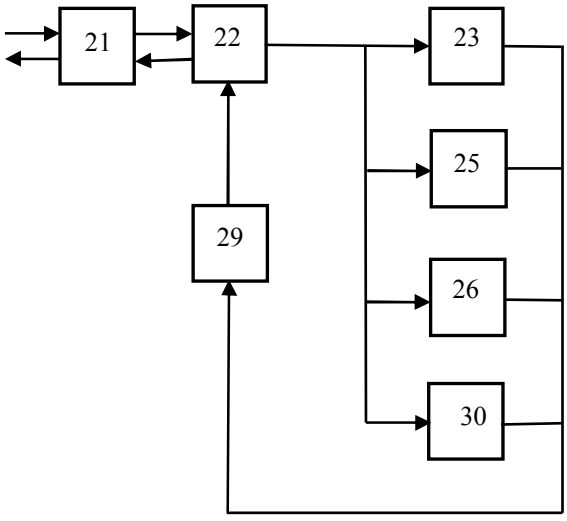

Рис. 8. Комплект блоків мобільної нівелірної рейки:
21 – блок прийому та передачі радіосигналів; 22 – блок кодування сигналів; 23 – електронний блок керування ходовою частиною; 25 – блок ультразвукової локації; 26 – блок приймача GPS; 30 – блок повороту візирної цілі

Функціонування АСГМ ЗПС полягає в наступному. Після ввімкнення живлення комплексу блоків, розміщених на центральній станції керування технічними системами аеропорту (рис. 5), з блока керування *1* через блок обробки та зберігання інформації *2* надходить команда до інтелектуальної підсистеми *3* про вибір варіанта логістичної програми для вирішення конкретних задач нівелювання ЗПС. Ці програми забезпечують порядок розстановки МН та МНР на площині ЗПС та маршрути їх переміщення на ділянках нівелювання ЗПС. Також у блоці *3* знаходиться програма з пошуку та розпізнання образів – для ідентифікації візирних цілей за їх зображеннями, отриманими ОЕП МН. За запитом блока *3* з блока геоінформаційної системи 4 надходять планові координати точок нівелювання та реперів висотної підготовки 19 (рис. 6), дані про яких заздалегідь введені до блока *4*. Крім того, заздалегідь визначаються відмітки реперів висотної підготовки H_{Ri}, наприклад геометричним нівелюванням, відстані l_{N_i} по вертикальним стійкам від центрів візирних цілей до чутливої площини ультразвукових здавачів МНР 8 та l – довжина вертикальної стійки МН від прийомно-передавальної площини ультразвукового давача до центральної точки оптико-електронного приладу, які вводяться до блока *4*. Приймач GPS блока *4* працює в режимі базової станції та виконує координатне забезпечення роботи МН та МНР з необхідною точністю. Інформація з блоків *4* та *3* надходить до блоку обробки інформації *2*, де виконується опрацювання сигналів та створення інформаційного пакету, який через блок керування *1* надходить до блока кодування *5*, в якому сигнал інформаційного пакета кодується та передається в ефір блоком прийому та передачі радіосигналів *6*.

МНР 8 (рис. *6*) отримують радіосигнали від центральної станції в блоці прийому та передачі радіосигналів *21*, які (рис. 8) проходять розкодування в блоці *22* та виділення складових сигналів з інформаційного пакету в кожному з відповідних блоків: *23, 25, 26, 29*. За сигналом електронного блока керування ходовою частиною *23* та за фактичними координатами МНР з блока приймача GPS 26 виконується переміщення МНР 8 у точки розташування реперів висотної підготовки 19 (рис. 2), координати яких надійшли з центральної станції. Після зупинки МНР 8 над реперами висотної підготовки та за командою з центральної станції і виділенням її з інформаційного пакета в блоці 22 (рис. 8, рис. 6), блоком ультразвукової локації *25* виконується вимірювання відстані $\Delta l_{N_1}, \Delta l_{N_2}$ від поверхні ЗПС 14 до приймально-передавальних площин ультразвукового давачів *13* МНР № 1 та МНР № 2, відповідно. За командами з блока повороту візирної цілі *30* та роботою механізмів повороту *10* візирні цілі встановлюються в напрямку виконання нівелювання. Інформація з блоку 25 про виміряне перевищення, з блока *26* про координати місцезнаходження МНР та про виконання команд переміщення МНР з блока *23* та з блока повороту візирних цілей *30* надходить до блоку формування сигналів *29*, в якому формується інформаційний сигнал, що кодується в блоці *22* та передається по радіоканалу блоком *21* на центральну станцію.

МН 7 отримує радіосигнали з центральної станції в блоці *21*, які розкодовуються (рис. 6, рис. 7) у блоці *22*, та виконується виділення складових сигналів з інформаційного пакета в кожному з відповідних блоків: *23-28*. За командою з блока *24* МН 7 виконує маневрування та за фактичними координатами з блока *26* виходять у точку виконання нівелювання, координати якої надійшли з центральної станції. За командами з блока ОЕП *28* та блока повороту ОЕП *27* виконується пошук візирних цілей *11* МНР 8 та встановлення візирних осей ОЕП на візирні цілі *11*. За сигналами з блока *28* проводиться реєстрація відліків a_1 і a_2 на матрицях ОЕП. За командою з блока світловіддалемірних вимірів *24* вимірюються відстані S_1 та S_2 світловіддалемірним блоком МН 7 до відбивачів візирних

цілей *11* МНР № 1 та МНР № 2 відповідно. За командою з блоку *25* виконується вимірювання відстані Δl від поверхні ЗПС 14 до приймально-передавальної площини ультразвукового давача 13 МН 7. Дані про виміри та виконання команд з блоків *23–28* надходять до блока формування сигналів *29*, формуються у інформативний пакет, кодуються в блоці *22* та передаються блоком *21* на центральну станцію.

На центральній станції (рис. 5) радіосигнали приймаються блоком 6, розкодовуються у блоці *5* та через блок *1* надходять до блока *2*. Тут інформаційний пакет розформовується на відповідні складові сигнали, які надходять до блоку керування – для втручання оператора в роботу системи (в разі необхідності), до інтелектуальної підсистеми – для порівняння фактичних координат МНР та МН з запланованими та виробленням корегуючих сигналів і передачі їх зворотним шляхом до МНР та МН. Крім того, у блоці *3* виконується обчислення відміток площини ЗПС *14* під ультразвуковими давачами перевищень *13* за формулою

$$H = \frac{1}{2}\left[H_{M_1} + H_{M_2} - \frac{(S_1 - S_2)(H_{M_1} - H_{M_2})}{S_1 + S_2} \right] - \frac{1}{2f}(S_1 a_1 + S_2 a_2) - l - \frac{1}{2}(\Delta l_{N_1} + \Delta l_{N_2}), \qquad (1)$$

де $\left.\begin{aligned} H_{M_1} &= H_{R_1} + l + \Delta l_{N_1}, \\ H_{M_2} &= H_{R_2} + l + \Delta l_{N_2}, \end{aligned}\right\}$ - відмітки висот центрів візирних цілей МНР № 1 та МНР № 2,

H_{R_1} і H_{R_2} – відмітки опорних реперів R_1 і R_2,

l – довжина вертикальної стійки МН від приймально-передавальної площини ультразвукового давача до центральної точки оптико-електронного приладу,

$\Delta l_{N_1}, \Delta l_{N_2}$ – відстані від поверхні ЗПС до приймально-передавальних площин ультразвукового давача МНР №1 та МНР №2,

f – фокусні відстані цифрових камер оптико-електронного приладу,

S_1 і S_2 – горизонтальні відстані, що вимірюються від оптико-електронного приладу до центрів візирних цілей МНР №1 та МНР №2,

a_1 і a_2 – відліки в долях пікселів на чутливих елементах подвійної матриці оптико-електронного приладу.

Значення обчисленої відмітки з блока *3* надходить на зберігання до блока обробки та зберігання інформації *2* і за запитом з блоку *1* – на екран монітору.

У випадку розташування частини реперів висотної основи аеропорту поза межами ЗПС, наприклад, на бічних смугах безпеки, можуть бути використані стаціонарні нівелірні рейки з прикріпленими до них візирними цілями та відбивачами – аналогічно візирній цілі *11* (рис. 6), які встановлюються на пункти висотної основи.

Висновки відповідно до статті. Запропонована система геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги дозволяє отримати значення висот точок в автоматичному режимі на заданій поверхні з регульованим кроком сканування. Така система ефективна для нівелювання великих за площею та протяжністю поверхонь злітно-посадкових смуг, ґрунтових стартів, руліжних доріжок, перонів аеропортів та дозволяє швидко визначити відмітки в режимі дистанційного ГІС/GPS керування комплексу мобільних нівелювальних роботів.

Список використаних джерел

1. *Про затвердження* Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року [Електронний ресурс] : Постанова Кабінет Міністрів України від 24.02.2016 № 126. – Режим доступу : http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show.

2. *Крячок С. Д.* Топографо-геодезичне забезпечення аеропортів / С. Д. Крячок // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2018. – № 1 (11). – С. 239-251.

3. *Tereshchuk O.* Efficiecy of application of satellite technology when performing land cadastral works in settlenets / O. Tereshchuk, I. Nystorik // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів, 2016. – Вип. 84. – С. 90-98.

4. *Практичні* дослідження точності визначення координат за супутниковими технологіями у реальному часі / Р. В. Шульц, О. І. Терещук, А. О. Анненков, І. О. Нисторяк. // Інженерна геодезія. – 2014. – № 61. – С. 58–77.

5. *Калинич І. В.* Розробка методики побудови мереж GPS-нівелювання в Закарпатському регіоні : автореферат дис. … кан. техн. наук / І. В. Калинич ; Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2006. – 16 с.

6. *Гавриленко Ю. Н.* Систематическая составляющая ошибки GPS-нивелирования при коротких базах, вызванная влиянием уклонения отвесных линий / Ю. Н. Гавриленко, В. И. Соколов, К. В. Ковалев // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія « Гірничо-геологічна». – 2009. – № 9 (143). – С. 35–43.

7. *Лазерный* и оптический измерительный инструмент [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://geo-laser.com.ua/.

8. *S0KKIA* Global Portal [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.sokkia.com.

9. *Цифровые* нивелиры Trimble [Электронный ресурс]. – Режим доступу : http://www.trimble.com.

10. *Цифровые* нивелиры Topcon [Электронный ресурс]. – Режим доступу : http://www.topcon.com.

11. *Пат*. 112334, Україна МПК (2016.01) G01C 5/00. Пристрій автоматизованого нівелювання / В.Г. Бурачек, А.В. Телюков, С.Д. Крячок, Я.П. Брик, Т.М. Малік; заявники та патентовласники В.Г. Бурачек, А.В. Телюков, С.Д. Крячок, Я.П. Брик, Т.М. Малік. – u201606614*;* заявл. 16.06.2016: опубл. 12.12.2016. - Бюл. № 23.

12. *Заявка* на корисну модель № а 2018 08760. Автоматизована система геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги / В. Г. Бурачек, С. Д. Крячок, Т. М. Малік, Л. С. Мамонтова, В. П. Німих; заявл. 15.08.2018.

References

1. Pro zatverdzhenia Derzhavnoi tsilovoi prohramy rozvytku aeroportiv na period do 2023 roku [On Approval of the State Target Program for the Development of Airports for the period up to 2023]. № 126 (from February 24, 2016). Retrieved from http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/126-2016-%D0%BF.

2. Kriachok, S. D. (2018). Topohrafo-heodezychne zabezpechennia aeroportiv [Topographic and geodetic provision of airports]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriia «Tekhnichni nauky» – Bulletin of the Chernihiv State Technological University. Series «Technical Sciences», 1* (11), 239-251 [in Ukrainian].

3. Tereshchuk, O., Nystoriak, I. (2016). Efficiency of application of satelite technology when performing land and cadastral works in settlements. *Heodeziia, kartohrafiya i aerofotoznimannya – Geodesy, Cartography and Aerial Survey, 84*, 90-98 [in English].

4. Schultz, R. V., Tereshchuk, O. I., Annenkov, A. O., Nystoryak, I. O. (2014). Praktychni doslidzhennia tochnosti vyznachennia koordynat za suputnykovymy tekhnolohiiamy u realnomu chasi [Research accuracy of the coordinates satellite technology in real time]. *Inzhenerna heodeziia – Engineering Geodesy, 61*, 59-78 [in Ukrainian].

5. Kalynych, I. V. (2006). *Rozrobka metodyky pobudovy merezh GPS-niveljuvannja v Zakarpatskomu regioni [Improvement of the technology of construction of coordinate basis for the aims of State Cartography]*. (Abstract of Candidate's thesis). Lviv: Natsionalnyi universytet «Lvivska politekhnika [in Ukrainian].

6. Gavrilenko, Yu. N., Sokolov, V. I., Kovalev, K. V. (2009). Sistematicheskaya sostavlyayushchaya oshibki GPS-nivelirovaniya pri korotkikh bazakh, vyzvannaya vliyaniem ukloneniya otvesnykh liniy [Systematic component of GPS-leveling errors at short bases, caused by the influence of the oblique deviation of the curved lines]. *Naukovi pratsi Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Seriya «Hirnycho-heolohichna» – Scientific works of Donetsk National Technical University. Series «Mining and Geology», 9 (143),* 35-43 [in Russian].

7. Lazernyy i opticheskiy izmeritelnyy instrument [Laser and optical measuring tools]. *geo-laser.com.ua.* Retrieved from http://geo-laser.com.ua.

8. S0KKIA Global Portal. *www.sokkia.com.* Retrieved from http://www.sokkia.com.

9. Tsifrovyye niveliry Trimble [Digital levels Trimble]. *www.trimble.com.* Retrieved from http://www.trimble.com.

10. Tsifrovyye niveliry Topcon [Digital levels Topcon]. *www.topcon.com.* Retrieved from http://www.topcon.com.

11. Burachek, V. H., Teliukov, A. V., Kriachok, S. D., Bryk, Ya. P., Malik, T. M. (2016). Prystrii avtomatyzovanoho niveliuvannia [Device for automated leveling]. *Utility Model Patent of Ukraine № 112334* [in Ukrainian].

12. Burachek, V. H., Kriachok, S. D., Malik, T. M., Mamontova, L. S., Niemykh, V. P. (2018). Avtomatyzovana systema heodezychnoho monitorynhu zlitno-posadkovoyi Smuhy [Automated system for geodesic monitoring of runway]. *Application for utility model № a 2018 08760* [in Ukrainian].

UDK 528.3

Vsevolod Burachek, Sergíy Kryachok, Tetiana Malik,
Liudmyla Mamontova, Volodymyr Niemykh

AUTOMATED SYSTEM OF GEODETIC MONITORING OF THE RUNWAY

Urgency of the research. *Ukraine is a well-known country of transport aircraft construction and has an extensive airport system. For the further development and modernization of the air transport infrastructure in our state, the State target program for the development of airports for the period up to 2023 was adopted.*

Target setting. *For the maintenance and reconstruction of artificial coverings at airports (runways, taxiways, aprons) we need the information about the relief of their surfaces. For this purpose, the leveling of surfaces of artificial coatings is periodically performed.*

Actual scientific researches and issues analysis. *The latest open access publications devoted to surface alignment technologies were reviewed.*

The research objective. *Analysis of the ways of leveling surfaces shows that the movement of geodetic tools is performed mainly in manual way, as well as recording and processing of results.*

The statement of basic materials. *The authors of this article developed an automated system of geodetic monitoring of the runway. It consists of mobile levelers, mobile level rails, which are located on the runway. The system also includes control devices located at the central control station of the airport's technical systems. The controls are located on the control tower.*

The functional elements of the mobile leveler, mobile level rail and central control station is given. The work principle of the automated system of geodetic monitoring of the runway is shown.

Conclusions. *The developed system of geodetic monitoring of the runway allows to obtain the value of points heights in the automatic mode on a given surface with an adjustable scan step. Such a system is effective for leveling large areas and the length of the artificial cover of the airport. The system allows to identify quickly markings in the remote GIS / GPS mode of a managed set of mobile leveling robots.*

Keywords: *level; leveling of the surface; artificial covering of the aerodrome; geodetic monitoring.*
Fig.: 8. References: 12.

Бурачек Всеволод Германович – доктор технічних наук, професор кафедри Геодезії, землеустрою та екології, Приватний вищій навчальний заклад Університет новітніх технологій (провулок Машинобудівний, 28, м. Київ, 03067, Україна).
Vsevolod Burachek – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Geodesy, Land Management and Ecology, Private Institution of Higher Education University of emerging technologies (Mashynobudivnyi lane 28, Kyiv, 03067, Ukraine).
E-mail: vbur2008@ukr.net
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9005-9254
ResearcherID: V-6491-2018

Крячок Сергій Дмитрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).
Kryachok Serhiy – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of geodesy, cartography and land management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035, Chernihiv, Ukraine).
E-mail: geodesist2015@gmail.com
ORCID: http: // orcid.org/0000-0001-5633-1501
ResearcherID: N-3061-2016

Малік Тетяна Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри геодезії, землеустрою та екології, приватний вищій навчальний заклад Університет новітніх технологій (провулок Машинобудівний, 28, м. Київ, 03067, Україна).

Tetiana Malik – PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Geodesy, Land Management and Ecology, Private Institution of Higher Education University of emerging technologies (Mashynobudivnyi lane 28, Kyiv, 03067, Ukraine).
E-mail: malik.tat@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1362-8433
ResearcherID: V-5877-2018

Мамонтова Людмила Степанівна – старший викладач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).
Mamontova Lyudmila - Senior Lecturer of the Department of geodesy, cartography and land management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).
E-mail: liudmila mamontova@yandex. Ua.
ORCID: http: // orcid.org/0000-0003-4144-5261
ResearcherID: N-3070-2016

Немих Володимир Павлович – магістр, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).
Niemykh Volodymyr – master, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).
E-mail: vovanfefd@yandex.ua
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5619-0315
ResearcherID: V-6056-2018

Автоматизована система геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги / В. Бурачек, С. Крячок, Т. Малік, Л. Мамонтова, В. Немих // Технічні науки та технології. – 2018. – № 4 (14). – С. 248-257.