

УДК 528.5

**Бялик І. М., к.т.н., доцент, Кундрат А. М., к.ф.-м.н., доцент,
Куницький М. О., студент** (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне)

ІСТОРІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ШТАТИВІВ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ

Розглядаються сучасні технології та матеріали для виготовлення і автоматизації геодезичних штативів. Досліджено існуючі сучасні типи геодезичних штативів та проаналізовано тенденції виготовлення. Запропоновано метод та принцип автоматизації встановлення геодезичних приладів над станцією за допомогою штатива.

Ключові слова: геодезичний штатив, вуглецеве волокно, точність вимірювань.

Вступ. З розвитком нових технологій, впровадженням у виробництво останніх досягнень в області науки і техніки відбувається безперервна зміна технічних засобів, що використовуються для виконання геодезичних робіт. Зростаюча потреба у геодезичних приладах, з одного боку, і розвиток електроніки, лазерної техніки, комп'ютерних технологій, з іншого, дозволяють створювати не тільки нові моделі вже відомих приладів, але й розробляти принципово нові геодезичні прилади та їхні аксесуари. Завдання, які вирішуються геодезистами, потребують застосування нових технологій та сучасних приладів, що дозволить вирішувати поставлені завдання в найкоротші терміни.

За останні десятиліття геодезична наука зробила великий крок у розвитку приладобудування. Саме тому вимоги, які пред'являються сьогодні до сучасного геодезичного обладнання і відповідно, комплектуючих, досить високі [1]. Геодезичне обладнання повинно поєднувати в собі останні досягнення в електроніці, точної механіки, оптики та інших наук, оскільки для проведення різноманітних вимірів в будівництві і землеустрої використовуються геодезичні прилади, які поєднують в собі механічні, оптико-механічні, електрооптичні і радіоелектронні пристрої. Робота даних приладів буде ускладненою, без використання сучасного штатива, адже саме його використання незамінне в разі, якщо необхідно створити максимальну стійкість та точність центрування приладу. Окрім того, використання

геодезичного штатива впливає на точність проведених вимірів та швидкості отримання результатів.

Одним з перших описів штатива типу триноги з'явився в роботі французького майстра Філіпа Данфрі, яка датується 1579 роком [2]. Спочатку штатив застосовувався виключно для мензули. Столик мензули вирівнювався за допомогою поставленої на нього ємності з водою.

Саме слово штатив утворилося від німецького «Stativ». А в Стародавній Греції подібна конструкція отримала свою назву в результаті поєднання двох слів, що позначають відповідно «три» і «нога», що в результаті справило найменування «тринога» або «трипод».

Штатив сам по собі простий інструмент, але вимоги до нього досить високі, що і накладає на його вартість додаткове навантаження, адже, крім того, щоб зробити штатив просто добре, потрібно, щоб він був стійкий, міцний та надійний [3; 4].

Постановка завдання. При виборі геодезичного обладнання, належну увагу потрібно звернути на штатив, як важливу складову. Геодезичний штатив – це пристрій, який є незамінною частиною практично будь-якого геодезичного приладу [5].

Штативи мають різну конструкцію і можуть бути виконані з різних матеріалів, що впливає на зручність роботи з ними. До того ж, від їх особливостей може залежати комфорт не тільки при використанні в процесі роботи, а й при складанні або, наприклад, переміщенні. Відповідно, штативи повинні мати просту, але разом з цим, надійну конструкцію. Важливо також, щоб пристрій був легким і зручним у транспортуванні.

В землевпорядних та будівельних роботах штативи призначені для установки електронних тахеометрів, нівелірів, лазерних приладів, чи антен GPS приймачів.

Проведемо короткий аналіз існуючих ресурсозаощаджуючих та високоякісних матеріалів для оптимального виготовлення та можливої автоматизації геодезичних штативів. Розглянемо типи геодезичних штативів та проаналізуємо сучасні тенденції їх виготовлення. Запропонуємо метод та принцип автоматизації встановлення геодезичних приладів над станцією за допомогою штатива.

Результати досліджень. В даний час на ринку геодезичного обладнання існує нове покоління приладів, що дозволяють виконувати всі вимірювання в автоматизованому режимі. Такі вимірювальні прилади забезпечені вбудованими обчислювальними засобами і запам'ятовуваними пристроями, що створюють можливість реєстрації і

зберігання результатів вимірювань, подальшого їх використання на персональних комп'ютерах для обробки. Враховуючи швидкість розвитку технологій геодезичні прилади та приладдя до них почали набувати різних форм та можливостей. На даний час відомо багато фірм-виробників геодезичного обладнання, які постійно знаходяться в пошуку нових перспективних розробок.

Більшість приладів в наш час є електронними, але деякі аксесуари до них залишаються механічними, що іноді ускладнює їх використання, оскільки електроніка значно швидше та якісніше виконує геодезичні виміри, обчислення та багато інших операцій.

Кожен з виробників виготовляє власні штативи з різних матеріалів та різної вартості, з допомогою якого потрібно виконувати безліч геодезичних операцій. Проте правильне встановлення штативу, приведення в робоче положення приладу забирає певний час, що впливає, в свою чергу, на те скільки буде проводитися зйомка та з якою якістю буде вона проведена. Враховуючи специфіку умов використання та вартість аксесуарів, слід переорієнтувати споживачів на автоматизовані аксесуари, за альтернативною ціною та виготовлені з кращих матеріалів.

Різноманітність форм рельєфу та об'єктів місцевості призвели до розвитку різних методів, класів та точності геодезичних вимірів. В зв'язку з цим для кожного методу та класу розроблялися свої вимірювальні засоби з відповідними їм характеристиками. Науково-технічний прогрес вніс вагомий вклад в розвиток приладобудування. Встановивши нові норми, еталони та вимоги до геодезичного обладнання [4].

Серед різноманіття штативів їх можна класифікувати за принципом фіксації опорних секцій ніг. Розглянемо найбільш поширені.

Ексцентричний затиск застосовується в переважній більшості сучасних штативів. У штативах високого класу він виготовляється повністю з металу і має регульовальний гвинт.

У відносно недорогих штативах використовують байонетне з'єднання, що має швидке та просте розкладання (складання) опорних секцій ніг, яке відбувається в три рухи: розфіксуються гвинти; висування (в русі) секцій; фіксуються гвинти. Недоліком, як правило, є можлива хиткість з'єднання.

Для професійних штативів використовують муфтове з'єднання. Перевагами є затискання рівномірно по всьому радіусу труби. Недоліками є використання круглого профілю труб секцій та, як правило, у використанні вони менш оперативні, ніж ексцентричні.

Широкого поширення набуло гвинтове з'єднання (гвинт проходить через поперечні перетини секцій, фіксується гайкою-баранчиком). В даний час застосовується в дерев'яних та інших студійних штативах. Перевагами є велика площа дотику, що з'єднує секції. Недоліки: неоперативний у використанні; низьке співвідношення довжин зібраного і розібраного штатива.

В геодезії класифікація штативів за призначенням, залишається найбільш поширеною, згідно неї виділяють: універсальні; елеваційні та нівелірні.

Універсальні (як альтернативні) можна пристосувати до будь-якого геодезичного інструменту. Спрощена конструкція геодезичного штатива забезпечує легкість його використання з усіма видами геодезичного обладнання, а зручний ремінь – забезпечує комфортне перенесення. Слід враховувати, з яким саме обладнанням планується його використання, хто буде з ним працювати і в яких умовах будуть проводитися вимірювальні роботи, оскільки штативи відрізняються за висотою, розмірами в зібраному вигляді і матеріалами, з яких вони виготовлені.

Елеваційний штатив – це пристрій, який призначений для спільної роботи з точними, лазерними нівелірами, оскільки їх використання забезпечує рівномірне переміщення лазерного променя. Як правило, дані штативи використовуються для проведення як зовнішніх, так і внутрішніх робіт. Елеваційні штативи в своїй конструкції містять спеціально передбачений підйомник. Майданчик, на який встановлюються прилади, може плавно переміщатися у вертикальній площині осі штатива. Такі штативи для теодолітів дуже зручні, а крім цього, ще й легкі, компактні та мобільні.

Нівелірні штативи забезпечують максимально зручну роботу з нівелірами, а також іншими приладами з малою масою. Як правило, штатив для нівеліра відрізняється невеликою вагою. Геодезичний штатив, який використовується при роботі з теодолітами або електронними тахеометрами, трохи важчий, його вага, як правило, становить 6-7 кг. Однак саме цей вид штативів вважається універсальним і використовується для важких геодезичних приладів, особливо коли необхідні точні показання приладів.

Який би вид геодезичних штативів не використовувався, в основі всі вони призначені для швидкої і найголовніше, надійної фіксації приладу на потрібному рівні, дозволяючи пристрою взяти максимально правильний ракурс. Прості, але ефективні кріплення штатива дозволяють за дуже короткий проміжок часу привести прилад у стан

готовності до роботи.

Застосування нових сучасних матеріалів дозволяє домогтися багатьох переваг у виготовленні штативів. Сучасні конструкції для штативів виконують з легких, але дуже міцних і надійних матеріалів. Практично всі моделі дозволяють регулювати висоту завдяки спеціальній системі опорних ніжок. Кожен штатив можна скласти, що буде дуже зручно при транспортуванні. Для більш зручного переміщення ці конструкції оснащують спеціальними ремнями.

Серед легких і надійних матеріалів нове розповсюдження набули сплави алюмінію, але не всі елементи пристроїв виконують з них. Наприклад, підйомний механізм в елеваційних штативах виконують зі сталі, а кліпси, що допомагають зафіксувати прилад по висоті, роблять із пластику. Проведемо коротку порівняльну характеристику класичного матеріалу – деревини, та більш сучасних у використанні – сплавів алюмінію та вуглецевого волокна.

Алюміній має високу температуру плавлення, відносно низька ціна, висока теплоємність, можливість використання в криогенних конструкціях, при низьких температурах зростає міцність та гнучкість матеріалу. До мінусів відносять високу електропровідність, вплив електромагнітних полів, при поєднанні з іншими сплавами підвищується ступінь окислення та пришвидшується корозія.

Деревина має низьку вартість і є природним поширеним матеріалом, при низьких температурах міцність деревини підвищується. Мінуси: при підвищенні температури міцність матеріалу знижується, біологічні фактори руйнування, сонячне випромінювання, зміна вологості.

Вуглецеве волокно – штучне волокно, що складене з атомів вуглецю, вишикуваних в тонкі графітні волокна. Даний матеріал використовується в сполучі з іншими матеріалами, що дозволяє йому бути широко застосовуваним. До переваг відносять високу пружність, високу механічну міцність, стійкість до дії високих температур, хімічних реагентів, ультрафіолетового випромінювання. До недоліків неможливість використання без додаткових матеріалів, мала міцність при ударних навантаженнях та відносно висока вартість.

Вуглецеве волокно є вторинною сполукою для інших матеріалів, в якому використовують смоли, які служать для поліпшення міцності та стійкості до ударів.

Можна зробити висновки, що матеріали, які використовуються для виготовлення штативів не завжди надійні та можуть мати значні незручності при експлуатації, за часту завищену ціну, особливі під-

ходи при виробництві та потреби спеціальних умов для зберігання.

Поєднання вуглецевого волокна з алюмінієм та епоксидною смолою у якості основного матеріалу при виготовленні штатива забезпечить: стійкість до корозії, легкість для транспортування, стійкість як до низьких, так і високих температур, підвищеній гнучкості, міцності та стійкості до зміни вологості.

Розглянувши матеріали для виготовлення штативів, варто розглянути його автоматизацію. По-перше штативи, які використовуються зараз зорієнтовані на ручне використання. При приведенні штативу в робоче положення затрачається певний час, також після його перенесення дія повторюється. Враховуючи вагу та конструкцію приладу це створює певні незручності. По-друге дані штативи досить швидко стають не придатні у використанні в зв'язку з пошкодженням певних деталей. Не стійкість та погане кріплення роблять використання штативу практично неможливим у використанні.

Використовуючи алюміній та вуглецеве волокно, виробники мають можливість підвищити стійкість деталей, що виходять з ладу найшвидше, зменшують вагу та спрощують форму приладу. Для виготовлення штативів також можна використовувати технології 3D-друку [6].

У кожному з приладів присутні підставка, до якої кріпиться прилад. Призначення підставки полягає в тому, щоб за допомогою піднімальних гвинтів привести прилад в робоче положення. Адже стійкість штативу дає нам лише відносну рівність. Прилад не можна вивести в робоче положення повністю точно, адже бульбашка також коливається. Отже, виникає декілька проблем: виготовлення зайвих деталей для приладу, не точне встановлення приладу, погана якість деталей, що потребують постійного догляду, зайві витрати, постійні перевірки вимірів та інше.

Автоматизація штативу дає можливість вирішити чимало задач. Не потрібно виготовляти додаткову підставку для приладу, оскільки її можна перенести на сам штатив. Це дасть можливість автоматично орієнтувати прилад над вказаною точкою з високою точністю, зменшить витрати на виготовлення та спростить схему виготовлення штативу.

Для забезпечення автоматизації необхідно додатково обладнати ніжки штатива двигунами, які могли б змінювати їх довжину, застосовувати рухому підставку з сенсором (та (або) світловіддалеміром) для автоматичного пошуку та наведення на точку, а точку, в свою чергу, позначати певним маркером або мікросвітловідбивачем. Автоматизація полягає у використанні мікропроцесора – програмно

керуючого засобу, що виконує обробку інформації та управління процесами за допомогою спеціальної мікросхеми. Мікропроцесор може автоматично виконувати виведення приладу в робоче положення (автоматично виводити на заданий горизонт приладу та проводити центрування на ній), а використання ще однієї ніжки дасть можливість 100% зорієнтувати прилад над визначеною точкою [7].

Спираючись на міжнародні стандарти [4], потрібно врахувати вимоги до штативів. Оскільки всі штативи поділяють на легкі та важкі, відповідно розрізняють два типи параметрів для перевірки: стійкість до деформації під навантаженням і жорсткість при крученні. Беручи до уваги використання різних матеріалів для створення штативів, можна зробити висновок, що кожен штатив матиме свої плюси та мінуси: для прикладу, легкі штативи будуть менш стійкими до деформації, адже матеріал, з якого виготовлений прилад, відповідно буде деформуватися чи піддаватися впливу зовнішніх чинників.

Результати досліджень показали, що використання лише одного матеріалу для виготовлення штативів є недоцільним. Оскільки матеріал має вплив з зовнішнього середовища, то це суттєво впливає на виміри та використання приладу в цілому. Наприклад, якщо алюміній має меншу стійкість в холодному середовищі, то деревина більш стійка до впливу цього фактора. Поєднання декількох видів сплавів дає можливість більш повно та різнобічно використовувати штативи в різних умовах. Адже поєднання матеріалів забезпечить повноцінне доповнення або ж заміну деяких недоліків приладу.

Висновок. Використання відповідних сучасних сплавів чи поєднання декількох видів матеріалів для виконання корпусу штатива забезпечить його міцність, надійність та стійкість до зовнішніх умов. А застосування серверних двигунів на ніжках штатива, рухомої підставки (замість таких підставок на геодезичних приладах), спеціального маркування на вимірювану точку та мікропроцесора, що керує цими пристроями дозволить автоматизовано центруватись на точку та виводити прилад на заданий горизонт приладу. Оскільки саме людський фактор є найпоширенішою причиною неточних геодезичних вимірювань, то повна автоматизація цих процесів не тільки прискорить вимірювання, але і значно збільшить їх точність та якість. Ці технології можуть бути успішно використані виробниками для створення геодезичних приладів на рівні кращих світових зразків.

1. Панчук Ю. М. Інженерна геодезія : навч. посібник / Панчук Ю. М., Бялик І. М., Янчук О. Є. – Рівне : НУВГП, 2012. – 337 с. 2. Герцен А. И. Сочинения, т. 4. / А. И. Герцен. – М., 1956. 3. ГОСТ 11897-94. Штативы для геодезических приборов. Общие технические требования и методы испытаний; Введ. 01.07.2001. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 9 с. 4. ISO 12858-2:1999, Optics and optical instruments – Ancillary devices for geodetic instruments –

Part 2: Tripods Paperback – August 23, 2007. **5.** Геодезичний енциклопедичний словник / за редакцією Володимира Літинського. – Львів : Євросвіт, 2001. – 668 с. **6.** Куницький М. О. Обґрунтування та теоретичні засади використання технологій 3D друку в геодезичному приладобудуванні / Куницький М. О., Бялик І. М. // Вісник НУВГП. Технічні науки. – 2014. – Вип. 4 (68). – С. 336–342. **7.** Бялик І. М. Використання безпроводних інформаційних технологій в геодезичних приладах / Бялик І. М., Кундрат А. М., Куницький М. О. // Вісник НУВГП. Технічні науки. – 2015. – Вип. 3 (71). – Ч. 2. – С. 223–226.

Рецензент: к.т.н., доцент Янчук Р. М. (НУВГП)

Bialyk I. M., Candidate of Engineering, Associate Professor, Kundrat A. M., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Kunytskyi M. O., Senior Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

HISTORY AND PERSPECTIVES OF TRIPODS FOR GEODETIC DEVICES

Considered modern technologies and materials for manufacturing and automation surveying tripods. Investigated the existing types of modern surveying tripods and analyzes trends in manufacturing. Proposed the method and principle of automation establishment of geodetic instruments on station using a tripod.

***Keywords:* geodesic tripod, carbon fiber, accuracy of measurements.**

Бялик И. Н., к.т.н., доцент, Кундрат А. Н., к.физ.-мат.н., доцент, Куницкий М. О., студент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ШТАТИВОВ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Рассматриваются современные технологии и материалы для изготовления и автоматизации геодезических штативов. Исследованы существующие современные типы геодезических штативов и проанализированы тенденции изготовления. Предложен метод и принцип автоматизации установления геодезических приборов над станцией с помощью штатива.

***Ключевые слова:* геодезический штатив, углеродное волокно, точность измерений.**