УДК 94:623+520+528.5
DOI: 10.33099/2707-1383-2020-38-4-254-272

Казанцева Л.В., *кандидат фізико-математичних наук, науковий співробітник Астрономічної обсерваторії, завідувач Астрономічного музею, Київський національний університет імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)*
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0380-623X
Салата С.Л., *кандидат історичних наук, провідний науковий співробітник науково-дослідного центру воєнної історії, Національний університет оборони України імені Івана Черняховського (Київ, Україна)*
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4753-6753

ВІЙСЬКОВЕ УСТАТКУВАННЯ, ЯКЕ ВИКОРИСТОВУВАЛОСЬ У НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ. КІНОФОТОТЕОДОЛІТ

У статті описано основні етапи історії створення кінофототеодоліту та сферу його використання у військових цілях та науці. Показано роль, яку прилад відіграв у наукових дослідженнях, зокрема, щодо визначення параметрів положення та орієнтації швидко-рухомих об'єктів в просторі, висвітлено місце кінофототеодоліту КФТ-10/20 у музейній експозиції Київської Астрономічної обсерваторії. Описано його будову, використання, удосконалення та сучасні аналоги.

Ключові слова: *кінофототеодоліт, оптика, спостереження, фотографування, траекторно-вимірювальні засоби, візуальне відстеження.*

Прилади та обладнання минулого сторіччя багато в чому вже не відповідають сучасним вимогам і технологіям, але вони демонструють розвиток ідей та конструкторської думки, показують історію вдосконалень та технічної оптимізації устаткування. Тому їхнє детальне вивчення дуже важливе для подальшого розвитку техніки та приладобудування. Це стосується як наукових, промислових і побутових зразків, так і військових, тим паче, що інформація про останні тривалий час перебувала певною мірою в обмеженому доступі. Інколи техніка, призначена для досліджень у військовій сфері, змінювала своє призначення і використовувалася вже для інших завдань, не змінюючи своїх конструктивних особливостей.

Астрономічний музей Національного університету імені Тараса Шевченка, який зберігає і всебічно досліджує історію Астрономічної обсерваторії, що працює в Києві вже понад 175 років, серед своїх численних експонатів має колекцію приладів військового призначення. Причому, більшість з них деякий час працювали в армії і були передані свого часу з різних причин для використання в наукових дослідженнях. Частково переобладнані, вони довгий час успішно продовжували виконувати свої основні функції, а сьогодні, коли в суспільстві пожвавилась увага до Зброй-

них Сил, викликають немалий інтерес серед відвідувачів.

Це кулеметні камери, командирська зенітна труба, авіаційний бортовий годинник, бінокулярна морська труба, військово-польовий телефон радиста, дешифратор, аерофотокамери (АФА та НАФА), саморобний телескоп з авіаційного снаряду, кінофототеодоліт (КФТ) та інші. Збереглись не тільки самі прилади, а й описи та паспорти до них, деяка документація з їх передачі, записи з питань переробок та результатів використання.

Детальне вивчення цих тепер вже музейних предметів може не тільки збагатити історію військового та наукового інструментарію, а й надати ідеї та напрямки для розробок нової та вдосконалення техніки, що вже працює.

Один з найбільших за розмірами експонатів зазначеної колекції — кінофототеодоліт КФТ-10/20 — належить до оптичних траекторно-вимірювальних засобів для визначення параметрів положення та орієнтації швидко-рухомого об'єкта в просторі. Це кутомірна установка з рухомою оптичною частиною та широким полем зору об'єктива. Вона призначена для візуального відстеження руху снарядів, літаків, вертольотів, торпед та ракет. В процесі спостереження відбувається неперервне фотографування об'єкта з одночасною реєстрацією кутів азимуту та місця оптичної вісі установки (Путятин, В.Г. 2017, с. 36–54). Це дає можливість достовірно аналізувати рух випробовуваних зразків, виявляти відхилення від розрахованої траєкторії, встановлювати причини невідповідності технічних характеристик висунутим вимогам тощо. Висока кутомірна точність та можливість фіксації всього процесу руху дозволили використовувати ці установки десятиліттями. Але все ж, із часом вимоги до кутомірної апаратури ставали жорсткішими, тож їм на зміну прийшли високоточні сучасні зразки (Мартынов, В.А. 2020, с. 137–142).

Історія створення кінофототеодоліту та його використання

Теодоліт

Потреба у створенні кінофототеодолітів або просто кінотеодолітів виникла з розвитком авіації та ракетної техніки, коли постала необхідність у високоточних траєкторних вимірюваннях. Використовувались вони також і при випробуванні важких боєприпасів для проведення зовнішньобалістичних оцінок траєкторій та для отримання кінематичних характеристик випробувань самохідних моделей судноплавства (Чепков, И. Б. 2015, 504 с.).

Свого часу були описані методи спостережень з кінотеодолітами (Кантор, А.В. 1963), загальні принципи кінотеодолітної зйомки (Плотников, В.С. 1966) розроблені оптимальні умови взаємного розміщення декількох теодолітних станцій для збільшення точності вимірювань (Зверевич, В.В. 1972, с. 113–121). Але перед цим був довгий шлях становлення конструктивної моделі та вдосконалення самого приладу.

Відомо, що прообраз теододоліту називався пантометр. Це був геодезичний прилад для визначення на місцевості взаємного розміщення точок та ліній, вимірювання вертикальних та горизонтальних кутів. Він складався з двох співвісних порожнистих циліндрів зі слотами, зорової труби та горизонтальним і вертикальним вимірювальними лімбами, або їхніми сегментами. Такими приладами користувалися вже у XVI-му столітті для не дуже точних вимірів, переважно для створення карт лісів та боліт (Stanisław Jarmund. 1861–1863).

А вперше назва «теодоліт» зустрічається в підручнику «Геометрична практика або пантометрія», виданням 1571 року (після смерті автора) англійського математика та

геодезиста Леонарда Діггеса (1515–1559). Варто зазначити, що він називав теодолітом прилад, який вимірював тільки горизонтальні кути, а відповідний вимірювальний пристрій для кутів у двох площинах в своїй книзі позначив просто як топографічний прилад.

Перша конструкція теодоліта з двома лімбами, компасом та штативом була здійснена в Німеччині у 1576 році Хабермелем (за різними джерелами годинникарем та поставщиком приладів імператора Рудольфа II у Празі Еразмом (Zinner, E. 1967, p. 329–346, 681; Eckhardt, W. 1976, p. 55–92; Eckhardt, W. 1977, p. 13–74) або Джошуа, золотарем з Саксонії, який постачав сонячні годинники та інші прилади для баварського двору в Мюнхені (Colombo Luigi. 1988)).

Багато майстерень світу почали виготовляти такі прилади і майже кожна намагалася внести свої покращення для підвищення точності вимірів. Верньєр або ноніус, допоміжну шкалу для співставлення показів лімбів запропонував у 1631 році французький винахідник П. Верньє, мікрометр в теодоліті з'явився вже у 1638 році завдяки англійському астроному і математику Уільяму Гаскойну.

Англійського оптика, конструктора та виробника астрономічних і геодезичних вимірювальних приладів Джонатана Сіссона вважають винахідником сучасного теодоліта, бо він у 1725 році першим побудував теодоліт, який вже мав телескоп замість прицілу на алідаді. Далі знову ж англієць Джеймс Ватт 1771 року вперше застосував волосяну сітку для полегшення наведення на об'єкт. А введення в дію Джессі Рамсденом у 1775 році першої так званої ділильної машини — пристрою для нанесення поділок на розділовий круг — значно підвищило точність кутомірних вимірів.

Початок XIX сторіччя відзначився початком великих національних картографічних програм, саме завдяки їм один із основних інструментів для тріангуляції теодоліт все більше і більше вдосконалювався. З появою залізничного руху виникла необхідність прокладання залізничних шляхів, тут знову ж були необхідні теодоліти (Conder, F. R. 1983, p. 4–56). Вони теж мали свої конструктивні особливості, зокрема оснащувалися точним компасом. Прилади отримали назву пасажних або транзитних.

Теодоліти поступово «освоювали» все більше і більше спеціалізацій, тому і зазнавали багато конструктивних змін. Так у 1870-х для теодолітів, що мали працювати на воді, був запропонований Едвардом Самуелем Річі спеціальний маятниковий пристрій протидії руху хвиль. ВМС США з його використанням виконали перші точні обстеження американських гаваней на узбережжі Атлантики та Перської затоки (American Academy of Arts and Sciences. 1896).

На початку XX сторіччя багато вдосконалень теодоліта зробила швейцарська компанія Wild Heerbrugg (Anita McConnell, p. 79–80). З'явились розділені скляні кола з показами з обох сторін, які можна було бачити в одному окулярі, недалеко від телескопічної труби, що дозволяло спостерігачеві багато не рухатися, щоб прочитати їх. Свої розробки пропонували багато відомих на той час виробників: Cooke, Troughton & Simms, Hilger & Watts, Vickers, Kern & Co. AG.

Фототеодоліт

Фотограмметрія (зйомка фотографічними засобами) почала застосовуватися в середині XIX-го століття особливо на французьких, німецьких та італійських землях. Еме Лосседат, полковник Інженерного корпусу французької армії, який брав участь у створенні укріплень Парижу та вздовж іспанського кордону, проводив дослідже-

ня використання фотографії для підготовки топографічних карт як на землі, так і з неба (запускав фотокамери на повітряних зміях, сам робив зйомки з повітряної кулі). А у 1867 році, незважаючи на попередню критику колег, він представив перший фототеодоліт на Паризькій виставці разом із картою Парижа, яку він підготував за допомогою цього інструмента і яка була визнана значно точнішою за попередні (Gruner, H. 1977, p. 569–574).

Ідея Лосседата була підхоплена іншими конструкторами і невдовзі, у 1878 році майстром П. Паганіні, був запропонований інший тип фототеодоліта, за допомогою якого було виконано альпійське картографування (Gruen, A. 1997, p. 159–162).

Британець Джон Бриджес-Лі, вчений і юрист, у Лондоні подав дві заявки на патент у 1894 році на свій однойменний фототеодоліт, а у 1896 ліцензував його від імені фірми Casella на виведення приладу на ринок. Цю марку фототеодолітів фірма Casella пропонувала аж до 1930 року.

Геодезист Heinrich Wild, власник швейцарської компанії, у 1925 році запропонував свою конструкцію фототедоліта, який складався з камери, розміщеної поверх теодолітети. Це дозволяло геолокалізувати безпосередньо саму фотографію.

Наприкінці 1925 року німецький фізик і метеоролог доктор Пол Раетжен (1896–1982) подав від імені компанії "ASKANIA WERKE AG та CARL BAMBERG FRIEDENAU" заявку на патент, який був задовільнений 1928 року і називався «Теодоліт із фотопристроєм для встановлення відповідного напрямку цілі» (Applicants ASKANIA WERKE AG…). Пол Раетжен в цей час працював у Науково-дослідному інституті Товариства RRG (Rhön-Rossitten-Gesellschaf), де проводились авіаційні та аеронавігаційні дослідження. Запропонований ним пристрій допомагав відстежувати рух літаків та планерів в просторі, фіксуючи їх одночасно на плівку на фоні зовнішньої нерухомої сітчатої сфери і показів часу. Таким чином набирався масив точних положень об'єкта відносно певної системи відліку, що значно спрощувало подальшу обробку даних. ASKANIA WERKE AG та CARL BAMBERG FRIEDENAU, яка у 1921 році в результаті злиття об'єднала провідні фірми німецьких виробників прецизійної механічної та оптичної промисловості Otto Toepfer & Sohn, Carl Bamberg та Askania Werke AG, була на той час головним постачальником приладів та устаткування для військових та геодезистів. Їхні розробки в подальшому лягли в основу більшості світових аналогів теодолітних моделей.

Самореєструючий теодоліт

Для аерологічних спостережень, які виконувались у військових цілях службою інструментальної розвідки та спеціальними метеорологічними постами у 1920–1930 роках були розроблені спеціальні прилади та методи спостережень. Вимірювання напрямку і сили вітру для введення необхідних поправок в прицільні дані стрільби, для розрахунку курсу літака та його швидкостей на шляху польоту, для введення поправок на відхилення бомб під час бомбувань близького радіусу дії виконувалось через спостереження спеціальних зондів, або так званих куль-пілотів, які запускалися в верхні шари атмосфери (Оптика в военном деле. 1948). Для подібних спостережень були розроблені спеціальні шаропілотні теодоліти або балон-теодоліти. Спостереження організовувались одночасно з декількох точок на місцевості, відстані і орієнтація між якими були точно визначені. Особливістю таких вимірів було те, що більшість часу доводилось спостерігати об'єкт в зеніті або поблизу нього. Тому часто труби для таких теодолітів робили ламаними, спостереження виконува-

лись завжди на горизонталі, а зображення в окуляр передавала спеціальна призма. Передбачались також моделі балон-теодолітів для спостережень з кораблів, в яких встановлювались дві призми, одна з яких дозволяла постійно відстежувати горизонт.

Чим більше положень куль вдавалось зафіксувати за одиницю часу, тим точнішими виходили виміри. Тому були винайдені спеціальні реєструвальні теодоліти або теодоліти з автоматичним записом показів. Вони мали більш широкий спектр застосування, наприклад, спостереження за парашутистами, польотами літаків та інше. Запис відбувався механічним (на паперові стрічки) або фотографічним (на фотоплівку) методами. Запуск пристроїв для запису відбувався за командами з центру (звуковими, електричними або світловими). Таким чином відбувалась прив'язка до часу. Такі теодоліти випускала в 1920–1930-х роках німецька фірма Асканія. В той же час фірма Цеса випускала балон-теодоліти з самописцем. На горизонтальному діаграмному диску за допомогою спеціального гвинта перо в певному масштабі наносило точки, які передавали швидкість і напрямок руху кулі-пілота.

Кінотеодоліт, особливості будови та використання

З розвитком літальних апаратів потреба у вивчені їхніх траєкторій ставала все більш актуальнішою, підвищувалися також і вимоги до швидкості її реєстрації та точності. На початку 1930-х років почали з'являтися перші моделі спеціальних приладів, які об'єднали в собі функції самореєструвальних теодолітів з кінокамерою — кінофототеодоліти, або просто кінотеодоліти, інколи зустрічаються в літературі цінетеодоліти та моторизовані теодоліти. Вони дозволяли отримувати в автоматичному режимі послідовні кінознімки положення об'єкту спостережень відносно візирної осі та відліки координат на моменти фіксації. Перевагою цих модифікованих теодолітів було те, що їхні результати вимірів вже не залежали від швидкості реакції спостерігача і були більш об'єктивними. Крім того, вони дозволяли виміряти за час спостережень значно більше точок траєкторії, що деталізувало її і давало можливість проводити більш глибокий аналіз. Завдання спостерігача або оператора зводилося до гідування об'єкту в спеціальну візуальну трубу.

Кінотеодоліти приблизно в один і той же час почали виготовляти декілька виробників у різних країнах. До Другої Світової війни переважно німецькі прилади почали постачатися і в Радянську армію як допоміжний засіб для зенітників, про що свідчить, наприклад, стаття в журналі «Вісник протиповітряної оборони» за 1935 рік (Кюпар. 1935, с. 5–7). В ній зазначається, що звичайним теодолітом було важко під час зенітної стрільби зареєструвати одночасно розрив снаряду і літак для коригування вогню. Кінотеодоліти там описуються як «радикальний метод» для цієї задачі. При цьому йде детальний опис роботи з кінотеодолітом.

Першим і основним виробником кінотеодолітів деякий час була німецька фірма Askania Werke AG (Lothar Starke… 2009), яка виготовляла прецизійну механіку та оптичну продукцію. Вона була заснована в Берліні у 1871 році як Bambergwerke і перейменована в Askania Werke AG в 1912 році. Під час Першої Світової війни фірма була головним постачальником військового флоту, виготовляючи далекоміри, прицільні прилади, геофізичне обладнання. 1919 року до неї приєдналась компанія з виробництва точного машинобудування Otto Toepfer & Sohn з Потсдаму, а у 1921 — Central-Werkstatt für Gasgeräte GmbH в Дессау. Таким чином Askania Werke AG стала найважливішою німецькою компанією приладобудування для флоту та авіації. Наприкінці 20-х років вона

вже мала філії в інших містах Німеччини, в Парижі, Х'юстоні та Чикаго. За німецькою програмою переозброєння 1935 року для компанії були збільшені обсяги державних замовлень, включаючи, наприклад, гіроскопічні прилади для лінкорів та літаків, оптику для зенітних гармат, підводні перископи, системи управління польотом німецьких крилатих ракет.

Німецькі конструктори розробили декілька моделей кінотеодолітів. Одним із перших був кінотеодоліт Фусса, який мав в якості об'єктива увігнуте дзеркало з отвором в центрі, через який промені світла, відбиваючись від малого дзеркала, потрапляли на кіноплівку, що розміщувалася в фокальній площині оптичної системи. Одночасно на той же кадр потрапляли і відліки горизонтального та вертикального кругів, які для цього освітлювались електричними лампочками і передавались системою з лінз і призми (Вавилов, С. И. 1948, 389 с.). Щоб запобігти перекосу зображення під час нахилу системи, застосовували призму Дове, яка оберталась в оберненому напрямку в два рази повільніше, ніж оберталась сама камера навколо горизонтальної вісі. Касети з плівкою розміщувались в нижній частині інструмента. Плівка з однієї касети на іншу перемотувалась через грейфер з мальтійським хрестом. Коли відбувалось експонування, на короткий час відкритого затвору рух плівки зупинявся. Величина кадру при цьому витримувалась 24 на 28 мм. Крім того, вдруковувався порядковий номер кадру з використанням лічильника-еумератора. Спостереження за ціллю відбувалося через дві ламані зорові труби з двох доків горизонтальної осі. Для гідування застосовували спеціальний штурвал. Теодоліт важив 92 кілограми і мав розміри 980х750х740 мм.

Найбільшого поширення набули кінотеодоліти виробництва Askania Werke AG Kth-39 та Kth-41. Kth-39 мав об'єктив з фокусною відстанню 300 мм, а Kth-41 — 600 мм. Вони знімали на 35-мм плівку зі швидкістю 5 повнорозмірних кадри за секунду. Точність при цьому досягалась до 1 кутової мінути. Спочатку їх переважно використовували для перевірки точності вогню зенітної артилерії шляхом вимірювання кутових відхилень розривів снарядів від повітряної цілі. Їх же використовували у 1940-х і під час запуску перших балістичних ракет. Вони ж, трофейні, були встановлені і довгий час використовувались на перших космодромах.

Американська компанія Sperry з Нью-Йорку, яка була заснована у 1910 році та спеціалізувалася на виготовлені навігаційних пристроїв (A History of Sperry Rand… 1961), представила свою конструкцію — кінотеодоліт Джексона, у якого осі інструмента були влаштовані так само, як і у кінотеодоліта Фусса, а труба мала так звану ламану конструкцію з призмою (Краузе, Ф. Т. 2021). Також прилад мав відмінну від інших оптичну схему.

Крім зазначеного вище, основними завданнями, які вирішували за допомогою кінотеодолітів з перших днів їх роботи, були також:

оцінка точності бомбометання;

точне вимірювання орбіти балістичних високих ракет;

перевірка поведінки ракет на космодромах під час першого етапу польоту;

дослідження руху літальних апаратів, торпед та інше (UNIT. ED STATES PATENT).

Кінофототеодоліт КФТ 10/20

Після Другої Світової війни фірма Askania Werke AG, як одне із підприємств, що сприяло озброєнню нацистів, розпалась, промислові об'єкти були демонтовані, розділені між союзниками і вивезені з Німеччини. Частина документації та окремі ви-

роби як репарації потрапили на радянську територію (Черток, Б. Е. 2010, 352 с.). На основі вивчення цих зразків та ідей виникло багато нових вдосконалених виробів, створених вже радянськими конструкторами. Це стосується і кінофототеодоліта.

Історія створення експонованого зразка

На початку 1950-х років стрімкий розвиток реактивної авіації та ракетної техніки вимагав нових розробок засобів для реєстрації траєкторій польотів. Вирішити цю проблему доручили Красногорському механічному заводу, який був створений у 1942 році в Новосибірську з декількох евакуйованих заводів і перший час працював повністю на потреби оборони. З його стін виходили під час війни стереотруби БСТ, танкові панорами ПТК-5, перископічні артилерійські бусолі, мінометні приціли та багато іншого. А з 1944 року там було створено КБ з виготовлення аерофотоапаратів. Тому і не дивно, що саме цьому заводу була передана більша частина трофейного обладнання та документації з оптичних заводів Німеччини, також на ньому працювали німецькі фахівці (Давыдов, Б. 2003). На початку 1950-х років під керівництвом головного конструктора Ф. Є. Соболєва, який з грудня 1945 по вересень 1946 р. перебував в Німеччині і освоював виробництво фотограмметричного обладнання на заводі «Карл Цейс», був створений, а у 1952 році запущений у виробництво кінофототеодоліт КФТ-10/20. Пізніше були виготовлені ще декілька його модифікацій, якими були оснащені всі полігони запуску ракет та артилерійських випробувань країни. Прилад вироблявся також на експорт. До 1970 року було виготовлено понад 300 кінотеодолітів, після чого їхнє виробництво було передано БелОМО (Первов, М.А. 2003).

Призначення, склад та будова

Кінотеодолітна станція КФТ-10/20 призначена для визначення кутових координат об'єкту, що летить (S): азимуту (α) та кута місця (γ) у функції часу (*рис. 1*).

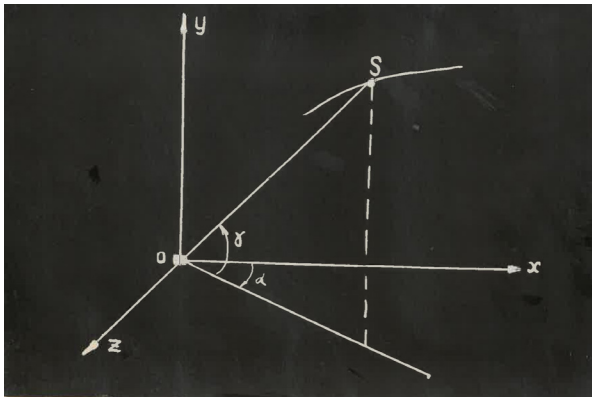

Рис. 1

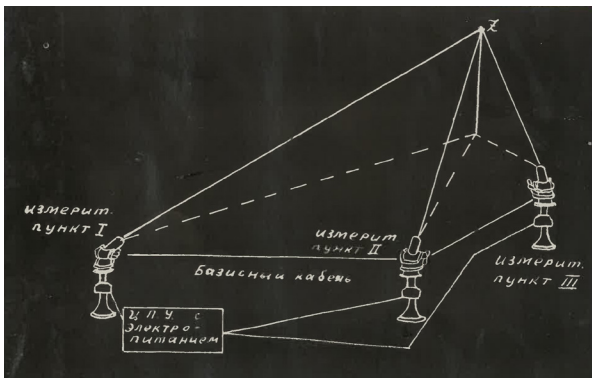

Рис. 2

Станція КФТ-10/20 має у своєму складі 3 кінотеодолітних пости; управління зйомкою керується з центрального пункту управління (рис. 2); частота зйомки 10 та 20 кадрів за секунду; точність синхронізації роботи кінотеодолітів складає 0,005 с; спостереження за об'єктом, що досліджується, здійснюється візуально за допомогою ручних приводів; для приведення до руху синхронних електродвигунів постів КФТ-10/20, які забезпечують автоматичне супроводження об'єкту, подається електроживлення від спеціального електросилового агрегату та мережі змінного струму напругою 380 В, а також від акумуляторних батарей напругою 260 В; середня квадратична похибка визначення кутових координат — 1; об'єктиви кінотеодолітів змінні

(об'єктив «ТАИР-3» з фокусною відстанню 300 мм та відносним отвором 1:4,5; об'єктив «ТАИР-4» з фокусною відстанню 600 мм та відносним отвором 1:4,5); реєстрація кутових координат здійснюється на 35-ти мм кіноплівку; ємність касет становить 50 м; число знімків приблизно 1350; збільшення відлікових мікроскопів — 35-ти кратне; збільшення візирних труб — 10-ти кратне; діапазон робочих температур кінотеодолітів від –30º до +50º; максимальна дальність зйомки — 120 км (Архів МКАО, спр. МКАО/ІП-О-119-1, арк. 1–23; спр. МКАО/ІП-О-119-2, арк. 1–34; спр. МКАО/ІП-О-114, арк. 1–69).

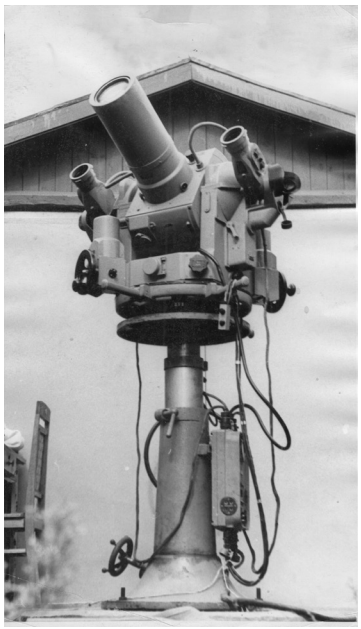

Фото 1

Слід зазначити, що в Обсерваторії зі складу станції КФТ-10/20 перебуває і успішно використовувався лише один кінотеодолітний пост, мова про який йде далі (*фото 1*).

З опису характеристик КФТ-10/20, який працював в Обсерваторії, зазначається, що камера кінофототеодоліту має об'єктив «ТАИР-4» за № 0034 (Архів МКАО, спр. ІП-О-87, арк. 1–3). Його параметри: діаметр 135 мм, фокусна відстань 600 мм, поле зору, визначене безпосередньо під час спостережень, 2º28' на 3º58'. Об'єктив забезпечений ірисовою діафрагмою, за допомогою якої можна встановлювати відносні отвори 4.5, 5, 6, 8, 11, 16, 22. Між об'єктивом і плівкою можна встановлювати один з пласких світлофільтрів: жовтий ЖС-18, жовто-зелений ЖСЗ-5 або червоний КС-1. Встановлення діафрагми здійснюється зовнішнім кільцем (1, *фото 2*) Під час роботи без світлофільтрів вводиться спеціальна компенсаційна пластина. Для захисту об'єктивів встановлюють кожухи (2, *фото 2*).

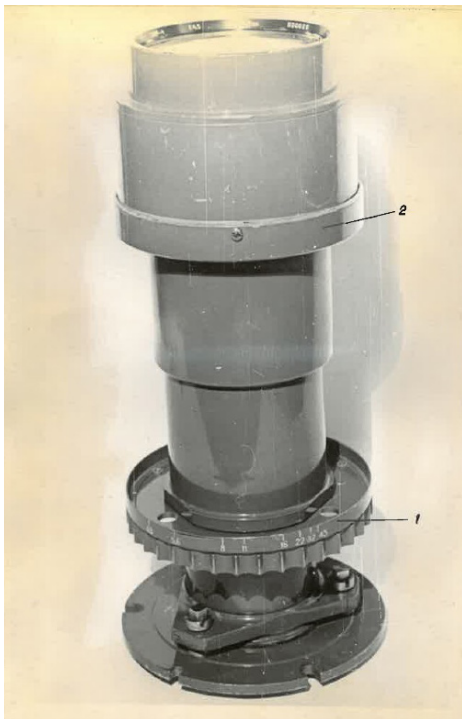

Фото 2

Об'єктив «ТАИР-4» належить до серії телеоб'єктивів підвищеної світлосили. Їхню розробку розпочав у 1941–1942 роках Д.С. Волосов в евакуйованому до Йошкар-Огли Державному оптичному інституті в рамках проекту створення наземної апаратури для фотореєстрації достатньо віддалених об'єктів в умовах зниженої освітленості та сутінок (Волосов, Д.С. 1971; Волосов, Д.С. 1945, 392 с.). Назва походить, за однією з версій, від назви найяскравішої

зорі в сузір'ї Орла без арабського префіксу «аль». За іншою, менш поширеною, але більш вірогідною, від однойменного озера неподалік Йошкар-Оли.

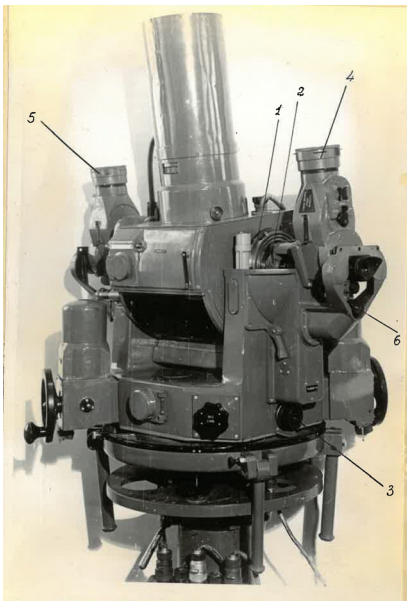

Фото 3

Камера встановлена на колонці з лагерами на голчатих підшипниках і може обертатися навколо горизонтальної осі за допомогою штурвалу ручного проводу через черв'ячну шестерню (1, *фото 3*) насаджену на одну із напівосей камери. На цій же напівосі змонтовані контактні кільця (2, *фото 3*), за допомогою яких струм напругою 26 в подається на підсвітку лічильника і сіток візирних труб.

Візирні труби кінофототеодоліту мають об'єктиви 6 см, їхнє збільшення у 10 разів, визначені зі спостережень кутовий діаметр поля зору 6º45', роздільна здатність приблизно 20», проникна сила — 9-та зоряна величина (4 і 5, *фото 3*).

Варто зазначити, що Місяць в повній фазі має зоряну величину приблизно –12.7, а найслабші зорі, які можна побачити неозброєним оком — приблизно +6. При збільшенні зоряної величини на одиницю яскравість об'єкта зменшується в 2,5 рази (*рис. 4*).

Фото 4

В поле зору поміщались плоско-паралельні пластини з нанесеними концентричними кругами з кутовими діаметрами 2º05', 2º42', 1º35', 0º55'. Спостереження за об'єктом проти Сонця можливо за допомогою ручки (3, *фото 5*) використовуючи світлофільтри. При використанні навідник повинен утримувати об'єкт в межах окружності, намагаючись сумістити перехрестя з об'єктом. Зміна сіток здійснюється ручкою (4, *фото 5*). Яскравість лампочок регулюється реостатом (1 і 2, *фото 5*). Основна складова частина мікроскопа — окулярна частина (6, *фото 3*).

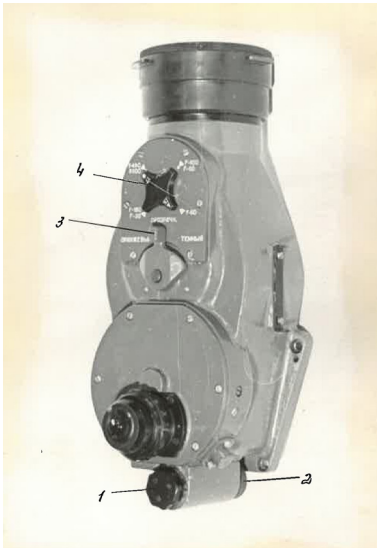

Фото 5

Стеження за об'єктами візуальні за допомогою ручних приводів, які забезпечені коробками швидкостей з двома ступенями

швидкості 1 градус та 4 градуси за один оберт.

Затвор — обтюраторний. Витримки затвора кінотеодоліта для фотографування об'єкту 1: 250 секунд, а для фотографування поділок лімбів 1: 600 сек. Лімби освітлюються лампами, які вставлені у патрони (3, *фото 3*).

Кінофототеодоліт КФТ-10/20 у Київській Астрономічній обсерваторії

Перед запуском першого штучного супутника Землі (ШСЗ) на початку літа 1957 року Астрономічна рада Академії наук СРСР розгорнула на території тодішньої країни мережу станцій візуально-оптичних спостережень супутників. Вони були забезпечені однотипним обладнанням, працювали спочатку за спільною програмою і отримували цілеспрямування з єдиного обчислювального центру, фактично виконуючи наземне супроводження кожного витка штучного об'єкта на орбіті. З часом, залежно від умов спостережень кожної станції та отриманих нею результатів, програма спостережень змінювалась і додавалось нове відповідне устаткування. В Києві така станція за кодовим номером 1023 була організована при Астрономічній обсерваторії Державного університету імені Т. Г. Шевченка (тепер КНУ імені Тараса Шевченка) і успішно працювала у 1957–1989 роках.

Хоча згадки про використання кінотеодоліта для спостережень супутників з'явилися в публікаціях вже в 1958 році, зокрема, з ним спостерігали ШСЗ в Австралії на станції № 606 (Rezultaty nabliūdenīĭ sovetskikh… 1958, p. 64), тривалий час радянська мережа станцій таких спостережень не проводила. Але фотографічні спостереження штучних супутників були організовані ще наприкінці 1957 року, в тому числі і в Києві. Станом на 1976 рік кінотеодоліти виробництва «Асканія» працювали на спостережних станціях ШСЗ в Англії (Херстмонсо, Ерліберн), на Мисі Доброї Надії та в Болгарії (Стара Загора, Софія), КФТ-10/20 були встановлені в Києві, Львові та Кишиневі (Цветов, Ю.П. 1976, С. 5–58). А з 1973 по 1992 роки на деякі станції, переважно європейські, поставлялися кінотеодоліти EOTS швейцарської фірми Контрвейс, які виготовлялися спеціально для мережі відстежування Elrctronic Optic Tracking System.

У 1965 році Станція 1023 отримала з Москви кінофототеодоліт КФТ-10/20 від Військової інженерної академії ім. Дзержинського (тепер це Військова академія Ракетних військ Стратегічного призначення імені Петра Великого) з метою його досліджень щодо можливості використання для спостережень супутників.

У 1966 наукова майстерня Обсерваторії підготувала інструмент до експлуатації. Він був встановлений на стаціонарній колоні з лагерами в окремому павільйоні з відсувним дахом на краю майданчика, обладнаного раніше для спостережень ШСЗ. Тривалі дослідження і спроби використання його для спостережень супутників показали, що:

без кардинальної реконструкції фотокамери не можна сподіватись на отримання з нею знімків навіть яскравих супутників;

потрібно змінити частоту зйомки без серйозних переробок його кінематичної та електричної схем.

Ці конструкторські зміни були втілені силами майстерні АО, а на додачу у 1969 році вдалося сконструювати та виготовити пристрій, який дозволяв подавати на вхід друкуючого хронографа секундні імпульси від обтюратора затвору камери КФТ.

В результаті всіх вдосконалень на Київській станції спостережень ШСЗ кінофототеодоліт КФТ-10/20 став працювати за такою схемою.

На 35-мм плівку фотографувалися одночасно об'єкт і відліки кругів. Величину експозиції задавав синхронний обтюраторний затвор. Витримувалась ефективна експозиція для фотографування об'єктів 1:250 сек., для фотографування лімбів 1:600. З обтюратором були механічно з'єднані комутатори, які подавали імпульси на вхід друкуючого хронографа. Частота зйомки 10–20 кадрів в секунду, ємність касет 50 м, число кадрів 1300, розмір кадру 29х36.5 мм. Слідкування за об'єктом здійснювалось двома спостерігачами за допомогою візуальних труб і ручних приводів, дозволяючи обертати інструмент по азимуту і висоті з двома швидкостями: 1 і 4 градуса за оберт штурвалу привода. В полі зору візирних труб розміщені скляні плоско-паралельні пластинки з сіткою ниток і кругом діаметром 10 в центрі — це дозволяє вести об'єкт і спостерігати методом багатократних засічок. Спостереження будувались так — за півгодини до проходження визначались інструментальні координати Полярної зорі. КФТ встановлювався в I точку траси, спостерігачі очікували появу ШСЗ в полі зору візирної труби. Обертаючи приводи встановлювали його в центр поля зору (круга), намагаючись утримати його в такому положенні протягом всього періоду спостережень. Після закінчення спостереження знову визначались інструментальні координати Полярної зорі, фіксувались відліки показів барометра і термометра в павільйоні для похибок за рефракцію. Зйомки проводились зазвичай через 0,1–0,05 сек. На хронографі був встановлений спеціальний ділитель, який фіксував відліки кругів через 1 сек. Кадри, які відповідали цим моментам, відмічались фотографуванням спалаху імпульсної лампи, мережа якої замикалась одночасно з подачею імпульсу від затвору на друкуючий хронограф. З причини малої експозиції зображення супутника на плівці не виходило. Точність визначалась точністю гідування. Спостерігали тільки яскраві швидкі об'єкти.

Оскільки в спостереженнях супутників брали активну участь студенти навіть перших курсів, для роботи з КФТ було розроблені детальні інструкції, які поєднувались із правилами безпеки для роботи на цьому інструменті.

У 1970 році Астрорада звернулась на Станцію № 1023 з пропозицією укласти договір на виконання робіт з модернізації кінофототеодоліта для використання його для спостережень ШСЗ і виконати ці роботи до кінця року. Програма робіт була розрахована на останній квартал 1970 року і складалася з шести частин:

1) підготовка приладу до його експлуатації та юстування (поточний ремонт, чищення та налагодження механіки інструмента, перевірка юстування рівнів та перпендикулярність вертикальної і горизонтальної осей інструмента);

2) реконструкція вузлів приладу, які забезпечували реєстрацію моментів часу (сконструювати, виготовити і встановити пристрій, який би забезпечував реєстрацію часу визначення положень супутника через 1–3 секунди, встановити нову модель друкуючого хронографа 21-372П);

3) реконструкція оптичної схеми візирних труб інструмента (вияснити можливість заміни об'єктивів візирних труб на більш світлосильні. У випадку позитивного рішення підібрати відповідну оптику і змонтувати її на інструменті та дослідити);

4) розробити методику дослідження похибок інструмента та враховування їх впливу на результати спостережень;

5) проведення астрономічних спостережень для визначення похибок інструмента і дослідження законів їхніх змін, а також запізнень в реєструючій апаратурі;

6) розробка методики візуально-оптичних спостережень ШСЗ з кінофототеодолітом і проведення пробних спостережень.

Після завершення робіт КФТ повинен був бути пристосований для визначення положень супутників не слабкіших 9.0 зоряної величини через 1–3 секунди часу. Положення мали бути визначені з точністю до 1 кутової секунди при реєстрації моментів часу до 0.01 секунди.

Був укладений договір № 213. На всі роботи було виділено 3 тисячі рублів. Для виконання робіт створено науково-дослідну групу. Науковим керівником робіт було призначено незмінного начальника станції 1023 О. К. Осипова (без оплатно), а виконавцями теми двох співробітників Обсерваторії (по 0.5 ставки молодшого наукового співробітника). Всі інші 12 по 0.5 ставки — старші лаборанти та лаборанти і техніки — студенти кафедри астрономії фізичного факультету КДУ.

Заплановані роботи пункту 1 виконані повністю, за 2 — проведена прокладка кабелю для зв'язку павільйону кінофототеодоліту з головним корпусом АО, в Астрометричному залі було встановлено отриманий від Астроради новий хронограф, виготовлено і випробувано пристрій для реєстрації часу через 1 і 3 секунди в залежності від швидкості руху супутника. Об'єктиви на візирних трубах, які дозволяли спостерігати 8-му зоряну величину, замінили на об'єктиви від ТЗК — стало можливим спостерігати до 9-ї зоряної величини — були виготовлені і встановлені перехідні муфти на візирні труби, для цього 4-й виконано повністю, а 5-й і 6-й завершити не вдалось з причин поганої погоди, планувалось їх провести в І половині 1971 року.

У 1976 році були проведені дослідження запізнень в фіксуванні часу друкуючим хронографом і обтюраторним затвором КФТ. Вони виявилися 0.029 сек. та 0.004 сек. Запис сигналів від контактів затвору і хронографу здійснювався за допомогою шлейфового осцилографа Н-700 (Абеле, М. К. 1976, с. 190).

Виконані вдосконалення дозволили розпочати регулярні спостереження на КФТ, які заміняли одразу 3–4 візуальних спостерігачів на майданчику. Але враховуючи, що спостерігачі на станції (студенти), як і солдати в армії, постійно змінювались, співробітником Станції головним інженером В. Й. Мазуром, який сам досліджував КФТ ще студентом та багато спостерігав з ним, була розроблена детальна інструкція для спостерігачів. Знайомство з цією інструкцією показує, наскільки складною технічно була процедура таких спостережень (Архів МКАО, спр. ССШСЗ-04-18-01, арк. 1–7; спр. ССШСЗ-04-18-02, арк. 1–12).

Підготовка до спостережень мала розпочинатись не менше, ніж за годину до часу, вказаному в ефемериді (перед-обчисленні проходження об'єктів). Спочатку потрібно було виконати ряд підготовчих робіт, без яких могли відбутися збої у спостереженнях. Це підготовка програми спостережень на ніч, перевірка готовності приладів служби часу та самого кінофототеодоліту і наявність витратних матеріалів (плівка та хронографічна стрічка). Далі перевести інструмент в робоче положення і виконати його нівелювання, провести тестові спостереження з імпульсною лампою при положенні кругів азимута і висоти на значеннях 0 та 90 градусів. Зняти покази тиску та температури для подальшого обраховування рефракції перед початком спостережень, приблизно в середині періоду і наприкінці. Підібрати фокусування і яскравість освітлення відлікових ниток під особливості власного зору. Проспостерігати Полярну зорю як стандарт і записати покази кругів для подальшого обчислення інструментальних похибок. Виставити інструмент

в першу надану точку траєкторії об'єкта відповідно до ефемериди за 5 хвилин до вказаного моменту.

Безпосередньо під час спостережень один із двох спостерігачів, який першим побачить об'єкт, мав вивести його в центр поля зору гіду. Коли таку ж саму процедуру виконає й інший спостерігач, під час спільного неперервного гідування вмикалась кінокамера. При цьому зйомка мала вестись чергами тривалістю 3–5 секунд. Між чергами робились перерви 10–15 секунд. Супутник знімали по всій видимій його траєкторії.

Завершальним етапом виконувалась знову ж зйомка Полярної зорі та всі інші процедури у зворотному порядку.

А далі ще потрібно було вже вдень проявити кіноплівку. Розписати її покази та покази хронографічних стрічок, ввести всі дані в ЕОМ і тільки тоді отримати результати (Осипов, А. К. 1974, с. 104–109.). А враховуючи, що в період ясних ночей спостережень було багато, супутники проходили один за одним, об'єм роботи був колосальний, разом з цим, штат Станції був не таким вже й великим. Але все ж такі спостереження проводились до 1989 року і завершились зі згортанням візуально-оптичних наземних спостережень ШСЗ по всій країні.

На *фото 6* зображено співробітників Астрономічної обсерваторії за роботою на кінофототеодоліті КФТ-10/20.

Рис. 6

Сучасні аналоги кінотеодолітів

З розвитком технологій на заміну простих оптичних засобів прийшли оптико-електронні, електронно-оптичні, оптико-лазерні та лезерно-телевізійні. Але все ж прилади для зовнішніх вимірювань траєкторій та їхні комплекси, як стаціонарні так і мобільні, продовжують використовуватися на багатьох полігонах, випробувальних майданчиках, військових базах та в лабораторіях (Додонов, А. Г. 2017, с. 30–56). Їх застосовують не тільки для визначення точних координат літальних об'єктів, а й під час випробувань боєприпасів, торпед та іншої військової, авіаційної і космічної техніки, для визначення промахів під час стрільби по повітряних і водних цілях, для виявлення стартових позицій, при астрономічних дослідженнях, для калібрування новостворюваних радіолокаційних комплексів.

Останнім часом з'явилось декілька оглядових робіт, які детально описують сучасні зразки послідовників кінофототеодолітів та особливості їх використання (Чупахин, А. П. 2017, 152 с).

Це перш за все модифікація КФТ «Віка», кінотеодоліт «Пашня» та «Вісмутин», кінотелескоп КТ-50 та швидкісний кінотелескоп КСТ-630, кінозйомні телескопи КСТ-60, КСТ-80, КТС-60, КТС-63. Якщо перші кінотеодоліти типу Kth-41 і навіть КТ-50 могли забезпечити дальність під час спостережень порядку 100–200 кілометрів, то КСТ-80 вже забезпечував 300–400 км при умові, якщо спостереження проводились із двох пунктів одночасно. На зміну їм з'явились кінотеодолітна станція КТС та КТС-ПТ, високоточний кінотеодоліт ВКТ, кінотеодоліти Велюр, Велюр-2М, Велюр ІТ, Контур-Т, Соболь, кінотелескоп СКТ-80; СКТ-1-70, швидкісний кінотелескоп СТК-2 Разум, кінотелескоп СКТ-1-70, телескоп траєкторних вимірювань ТТИ, фо-

тоастрономічні установки (ФАУ-1, ФАУ-2, ФАУ-2М, ФАУ-3, ФАУ-3/25, «Фауна», АФУ-75 (телескоп), — фотореєструючі станції ФРС-2 «Дятел», ФРС-2 «Дятел-2», ФРС-4 «Редан», мобільний відеореєструючий комплекс Кратність та інші.

Сучасний стан засобів для зовнішньотраєкторних вимірів дуже різноманітний. Їх можна розділити працюючі в статичному режимі та динамічному. В переважній більшості це великі вимірювальні стаціонарні або мобільні комплекси. Але всі вони беруть початок від ідеї автоматичного самореєструючого теодоліта. І хоча оптичним засобам притаманні характеристики, які обмежують їхнє використання, як то одноканальність, обмежена дальність фотофіксації, залежність від погодних умов, вони все ж мають переваги за точністю вимірів перед радіовимірювальними засобами.

Висновок

Кожен новий вимірювальний пристрій, прилад або комплекс зазвичай з'являється в першу чергу з потреб його застосування, а по-друге, на основі вивчення, аналізу та вдосконалення старих та сучасних аналогів. Технічний розвиток неможливий без врахування попередньої історії кожного окремого напрямку. Саме це дозволяє уникнути зайвих технічних помилок, взяти найкращий досвід із минулого, простежити еволюцію змін, можливо, виявити нові функціональні можливості того чи іншого технічного засобу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ І ЛІТЕРАТУРИ

Путятин, В. Г., Додонов, В. А. 2017. Об одной задаче высокоточных траекторных измерений оптическими средствами / Реєстрація, зберігання і обробка даних. Т. 19. № 2. С. 36–54. Бібліогр.: 15 назв. — рос. URL: http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/131676 [дата зверн.: 12.09.2020].

Мартынов, В. А., Лаврентьева, Л. В. , Маслова, О. В. 2020. Паспортизация измерительных средств полигонного измерительного комплекса / Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 10. С. 137–142.

Чепков, И. Б., Лапицкий, С. В., Гребенник, А. Н., Расстрыгин, А. А., Васьковский, М. И., Гурнович, А. В., Куприненко, А. Н., Бисык, С. П., Шишанов, М. А., Деркач, И. И. 2015. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения. Том 9 Прикладные аспекты испытаний и теоретико-экспериментальных исследований вооружения и военной техники / Под редакцией С. В. Лапицкого. Издательский дом Дмитрия Бураго. Киев. 504 с.

Кантор, А. В. 1963. Аппаратура и методы измерения при испытании ракет / Оборонгиз, М.

Плотников, В. С. 1966. Общая схема кинотеодолитной съёмки / Известия ВУЗов, Геодезия и аэрофотосъёмка. Вып. 1. М.

Зверевич, В. В., Давыдов, А. Р. 1972. Некоторые вопросы кинотеодолитной съемки / Geodezijos Darbai Volume 6, Issue 1 Pages: 113–121. URL: https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/13921843.1972.10553122 [дата зверн.: 12.09.2020].

Stanisław Jarmund. O budowie dróg i mostów. Warszawa: H. Natanson, 1861–1863.

Zinner, E. 1967. Deutsche und Niederl?ndische astronomische Instrumente des 11. bis 18. Jahrhunderts (2nd ed., Munich). P. 329–346, 681.

Eckhardt, W. 1976. "Erasmus Habermel: Zur Biographie des Instrumentenmachers Kaiser Rudolfs II", Jahrbuch der Hamburger Kunstsammlungen 21. P. 55–92.

Eckhardt, W. 1977. “Erasmus and Josua Habermel: Kunstgeschichtliche Anmerkungen zu den Werken der beiden Instrumentenmacher”, Jahrbuch der Hamburger Kunstsammlungen 22. P. 13–74.

Colombo Luigi, Selvini Attilio. 1988. Sintesi di una storia degli strumenti per la misura topografica [Summary of a history of topographic measurement tools] (in Italian). Archived from the original on 2007-11-13. URL: http://geomatica.it/strumenti_antichi/estratto.htm [дата зверн.: 12.09.2020].

Conder, F. R. 1983. The Men who Built Railways (reprint from 1837). Thomas Telford. P. 4–56.

American Academy of Arts and Sciences, Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, Vol. XXIII, May 1895 — May 1896, Boston: University Press, John Wilson and Son (1896). P. 359–360.

Anita McConnell, Instrument Makers to the World pp. 79–80. ISBN 978-1850720966.

Gruner, H. 1977. “Photogrammetry: 1776–1976”. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 43(5). P. 569–574.

Gruen, A. 1997. Spatial Information from Images (Summary Paper) / ISPRS Archives. Volume XXXII–6/W1, 1997 // WG VI/3 Proceedings of the Workshop “International Cooperation and Technology Transfer” February 3–7, Padua, Italy Editor (s): Luigi Mussio, Bruno Crippa & Antonio Vettore — Page (s) 159–162.

Applicants ASKANIA WERKE AG; CARL BAMBERG FRIEDENAU Inventors RAETHJEN DR PAUL DE464433C Theodolit mit photographischer Einrichtung zum Festlegen der jeweiligen Zielrichtung. URL: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/007412773/publication/DE464433C?q=pn%3DDE464433C [дата зверн.: 12.09.2020].

Оптика в военном деле. Сборник статей под редакцией академика С. И. Вавилова и проф. М. В. Савостьяновой. Издание третье, заново переработанное и дополненное. Том II. Издательство Академии Наук СССР. Москва. 1948. Ленинград.

Кюпар. 1935. О наблюдении разрывов и цели при зенитной стрельбе / Вестник противо-воздушной обороны. № 3. С. 5–7.

Lothar Starke: Vom Hydraulischen Regler zum Prozessleitsystem — Die Erfolgsgeschichte der Askania-Werke Berlin und der Geräte und Regler-Werke Teltow. Berliner Wissenschaftsverlag 2009. ISBN 978-3-8305-1715-3.

Вавилов, С. И., Севастьянова, М. В. (ред.) 1948. Оптика в военном деле. Сборник статей. В 2-х томах. Том 2. М.–Л.: АН СССР и ГОИ, 389 с.

A History of Sperry Rand Corporation — 1961 — Sperry Rand (Corporation). URL: https://stacks.stanford.edu/file/druid:wv368zr4169/wv368zr4169.pdf [дата зверн.: 12.09.2020].

Краузе, Ф. Т. 2021. Краткий очерк истории траекторных измерений. URL: https://proza.ru/2021/02/05/896 [дата зверн.: 12.09.2020].

UNIT. ED STATES PATENT OFFICE US2111516A Cinetheodolite. URL: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/007985459/publication/US2111516A?q=pn%3DUS2111516A [дата зверн.: 12.09.2020].

Черток, Б. Е. 2010. Ракеты и люди. От самолетов до ракет. М. : РТСофт, 352 с.

Давыдов, Б. 2003. От лупы до высокоточного оружия / Независимое военное обозрение. URL: http://nvo.ng.ru/history/2003-11-21/5_lupa.html [дата зверн.: 12.09.2020].

Первов, М. А. 2003. Системы Ракетно-космической обороны создававались так. М.: Издательство «Авиарус-XXI».

Архів музею Київської Астрономічної обсерваторії (далі — Архів МКАО), ф. «Астрономічна обсерваторія», спр. МКАО/ІП-О-119-1, арк. 1–23.

Архів МКАО, ф. «Астрономічна обсерваторія», спр. МКАО/ІП-О-119-2, арк. 1–34.

Архів МКАО, ф. «Астрономічна обсерваторія», спр. МКАО/ІП-О-114, арк. 1–69.

Архів МКАО, ф. «Астрономічна обсерваторія», спр. ІП-О-87, арк. 1–3.

Волосов, Д. С. 1971. Фотографическая оптика / Искусство, М.

Волосов, Д. С. 1945. Геометрическая оптика и расчет оптических систем // Оптика в военном деле. Сб. статей / Под ред. С. И. Вавилова и М. В. Севастьяновой. Изд. 3-е, заново перер. и дополн. В 2 т. М.–Л.: Изд. АН СССР. Т. 1. С. 61–95. — 392 с.

Результаты наблюдений советских искусственных спутников Земли. Том 7. 1958. p. 64.

Цветов, Ю. П. 1976. Инструменты для оптических наблюдений искусственных спутников Земли // Наблюдения искусственных небесных тел. № 72. С. 5–58.

Абеле, М. К., Алмар, И., Гамал, К. и др. 1976. Использование оптических наблюдений искусственных спутников Земли для целей геофизики и геодезии / в кн. По программе «Интеркосмос». М. Машиностроение. С. 190.

Архів МКАО, ф. «Астрономічна обсерваторія», спр. ССШСЗ-04-18-01, арк. 1–7.

Архів МКАО, ф. «Астрономічна обсерваторія», спр. ССШСЗ-04-18-02, арк. 1–12.

Осипов, А. К., Ижакевич, А. К., Житецкий, А. А. 1974. Наблюдения искусственных спутников Земли на Астрономической обсерватории Киевского университета в 1967–1972 гг. / Вест. Киев. Ун-та сер. Астрономия. № 16. С.104–109.

Додонов, А. Г., Путятин, В. Г. 2017. Наземные оптические, оптико-электронные и лазернотелевизионные средства траекторных измерений / ISSN 1028-9763. Математичні машини і системи. № 4. С. 30–56.

Чупахин, А. П. 2017. Разработка и исследование оптического измерительного комплекса для сопровождения объектов, движущихся по сложным траекториям: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.13 — Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий. Нижний Тагил, 152 с.

REFERENCES

Putyatin, V. G., Dodonov, V. A. 2017. Ob odnoy zadache vyisokotochnyih traektornyih izmereniy opticheskimi sredstvami [On one problem of high-precision trajectory measurements by optical means] / Reiestratsiia, zberihannia i obrobka danykh. T. 19. № 2. S. 36–54. Bibliohr.: 15 nazv. — ros. URL: http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/131676 [Accessed: 12.09.2020]. [in Russian].

Martyinov, V. A., Lavrenteva, L. V., Maslova, O. V. 2020. Pasportizatsiya izmeritelnyih sredstv poligonnogo izmeritelnogo kompleksa [Certification of measuring instruments of a polygon measuring complex] / Izvestiya TulGU. Tehnicheskie nauki. Vyip. 10. S. 137–142. [in Russian].

Chepkov, I. B., Lapitskiy, S. V., Grebennik, A. N., Rasstryigin, A. A., Vaskovskiy, M. I., Gurnovich, A. V., Kuprinenko, A. N., Bisyik, S. P., Shishanov, M. A., Derkach, I. I. 2015. Osnovyi voenno-tehnicheskih issledovaniy. Teoriya i prilojeniya [Fundamentals of military-technical research. Theory and applications]. Tom 9. Prikladnyie aspektyi ispyitaniy i teoretiko-eksperimentalnyih issledovaniy voorujeniya i voennoy tehniki / Pod redaktsiey S. V. Lapitskogo. Izdatelskiy dom Dmitriya Burago. Kiev. 504 s. [in Russian].

Kantor, A. V. 1963. Apparatura i metodyi izmereniya pri ispyitanii raket [Equipment and measurement methods for missile testing] / Oborongiz, M. [in Russian].

Plotnikov, V. S. 1966. Obschaya shema kinoteodolitnoy syëmki [General scheme of cinematic theodolite shooting] / Izvestiya VUZov, Geodeziya i aerofotosyëmka. Vyip. 1. M. [in Russian].

Zverevich, V. V., Davyidov, A. R. 1972. Nekotoryie voprosyi kinoteodolitnoy syemki [Some questions of cinematic theodolite shooting] / Geodezijos Darbai Volume 6, Issue 1. S. 113–121. URL: https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/13921843.1972.10553122 [Accessed: 12.09.2020]. [in Russian].

Stanisław Jarmund. O budowie dróg i mostów. Warszawa: H. Natanson, 1861–1863. [in Polish].

Zinner, E. 1967. Deutsche und Niederl?ndische astronomische Instrumente des 11. bis 18. Jahrhunderts (2nd ed., Munich). S. 329–346, 681. [in German].

Eckhardt, W. 1976. "Erasmus Habermel: Zur Biographie des Instrumentenmachers Kaiser Rudolfs II", Jahrbuch der Hamburger Kunstsammlungen 21. S. 55–92. [in German].

Eckhardt, W. 1977. "Erasmus and Josua Habermel: Kunstgeschichtliche Anmerkungen zu den Werken der beiden Instrumentenmacher", Jahrbuch der Hamburger Kunstsammlungen 22. S. 13–74. [in German].

Colombo Luigi, Selvini Attilio. 1988. Sintesi di una storia degli strumenti per la misura topografica [Summary of a history of topographic measurement tools] (in Italian). Archived from the original on 2007-11-13. URL: http://geomatica.it/strumenti_antichi/estratto.htm [Accessed: 12.09.2020]. [in Italian].

Conder, F. R. 1983. The Men who Built Railways (reprint from 1837). Thomas Telford. pp. 4–56. [in English].

American Academy of Arts and Sciences, Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, Vol. XXIII, May 1895 — May 1896, Boston: University Press, John Wilson and Son (1896). S. 359–360. [in English].

Anita McConnell, Instrument Makers to the World pp. 79–80. ISBN 978-1850720966. [in English].

Gruner, H. 1977. "Photogrammetry: 1776–1976". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 43 (5). S. 569–574. [in English].

Gruen, A. 1997. Spatial Information from Images (Summary Paper) // ISPRS Archives — Volume XXXII–6/W1, 1997 // WG VI/3 Proceedings of the Workshop "International Cooperation and Technology Transfer" February 3–7, Padua, Italy Editor (s): Luigi Mussio, Bruno Crippa & Antonio Vettore. S. 159–162. [in Italian].

Applicants ASKANIA WERKE AG; CARL BAMBERG FRIEDENAU Inventors RAETHJEN DR PAUL DE464433C Theodolit mit photographischer Einrichtung zum Festlegen der jeweiligen Zielrichtung. URL: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/007412773/publication/DE464433C?q=pn%3DDE464433C [Accessed: 12.09.2020]. [in German].

Optika v voennom dele [Optics in military affairs] / Sbornik statey pod redaktsiey akademika S.I. Vavilova i prof. M. V. Savostyanovoy. Izdanie trete, zanovo pererabotannoe i dopolnennoe. Tom II. Izdatelstvo Akademii Nauk SSSR. Moskva. 1948. Leningrad. [in Russian].

Kyupar. 1935. O nablyudenii razryivov i tseli pri zenitnoy strelbe [On the observation of gaps and targets during anti-aircraft fire] / Vestnik protivovozdushnoy oboronyi. № 3. S. 5–7. [in Russian].

Lothar Starke: Vom Hydraulischen Regler zum Prozessleitsystem — Die Erfolgsgeschichte der Askania-Werke Berlin und der Geräte und Regler-Werke Teltow. Berliner Wissenschaftsverlag 2009. ISBN 978-3-8305-1715-3. [in German].

Vavilov, S. I., Sevastyanova, M. V. (red.) 1948. Optika v voennom dele [Optics in military affairs] / Sbornik statey. V 2-h tomah. Tom 2. M.–L.: AN SSSR i GOI, 389 s. [in Russian].

A History of Sperry Rand Corporation — 1961 — Sperry Rand (Corporation). URL: https://stacks.stanford.edu/file/druid:wv368zr4169/wv368zr4169.pdf [Accessed: 12.09.2020]. [in English].

Krauze, F. T. 2021. Kratkiy ocherk istorii traektornyih izmereniy [A brief outline of the history of trajectory measurements]. URL: https://proza.ru/2021/02/05/896 [Accessed: 12.09.2020]. [in Russian].

UNIT. ED STATES PATENT OFFICE US2111516A Cinetheodolite. URL: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/007985459/publication/US2111516A?q=pn%3DUS2111516A [Accessed: 12.09.2020]. [in English].

Chertok, B. E. 2010. Raketyi i lyudi. Ot samoletov do raket [Rockets and people. From planes to rockets] / B. E. Chertok. M.: RTSoft, 352 s. [in Russian].

Davyidov, B. 2003. Ot lupyi do vyisokotochnogo orujiya [From magnifying glass to precision weapons] / Nezavisimoe voennoe obozrenie. URL: http://nvo.ng.ru/history/2003-11-21/5_lupa.html [Accessed: 12.09.2020]. [in Russian].

Pervov, M. A. 2003. Sistemyi Raketno-kosmicheskoy oboronyi sozdavavalis tak [Rocket and space defense systems were created as follows]. M.: Izdatelstvo “Aviarus-XXI”. [in Russian].

Arkhiv muzeiu Kyivskoi Astronomichnoi observatorii (dali — Arkhiv MKAO), f. “Astronomichna observatoriia”, spr. MKAO/IP-O-119-1, ark. 1–23. [in Russian].

Arkhiv MKAO, f. “Astronomichna observatoriia”, spr. MKAO/IP-O-119-2, ark. 1–34. [in Russian].

Arkhiv MKAO, f. “Astronomichna observatoriia”, spr. MKAO/IP-O-114, ark. 1–69. [in Russian].

Arkhiv MKAO, f. “Astronomichna observatoriia”, spr. IP-O-87, ark. 1–3. [in Russian].

Volosov, D. S. 1971. Fotograficheskaya optika [Photographic optics] / Iskusstvo, M. [in Russian].

Volosov, D. S. 1945. Geometricheskaya optika i raschet opticheskih sistem [Geometric optics and calculation of optical systems] / Optika v voennom dele. Sb. statey / Pod red. S. I. Vavilova i M. V. Sevastyanovoy. Izd. 3-e, zanovo perer. i dopoln. v 2 t. M.–L.: Izd. AN SSSR. T. 1. S. 61–95. — 392 s. [in Russian].

Rezultatyi nablyudeniy sovetskih iskusstvennyih sputnikov Zemli [Observation results of Soviet artificial earth satellites]. Tom 7. 1958. S. 64. [in Russian].

Tsvetov, Yu. P. 1976. Instrumentyi dlya opticheskih nablyudeniy iskusstvennyih sputnikov Zemli [Instruments for optical observations of artificial earth satellites] / Nablyudeniya iskusstvennyih nebesnyih tel. № 72. S. 5–58. [in Russian].

Abele, M. K., Almar, I., Gamal, K. i dr. 1976. Ispolzovanie opticheskih nablyudeniy ISZ dlya tseley geofiziki i geodezii [Use of optical observations of artificial earth satellites for the purposes of geophysics and geodesy] / V kn. po programme “Interkosmos”. M. Mashinostroenie. S. 190. [in Russian].

Arkhiv MKAO, f. “Astronomichna observatoriia”, spr. SSShSZ-04-18-01, ark. 1–7. [in Russian].

Arkhiv MKAO, f. “Astronomichna observatoriia”, spr. SSShSZ-04-18-02, ark. 1–12. [in Russian].

Osipov, A. K., Ijakevich, A. K., Jitetskiy, A. A. 1974. Nablyudeniya iskusstvennyih sputnikov Zemli na Astronomicheskoy observatorii Kievskogo universiteta v 1967–1972 gg. [Observations of artificial earth satellites at the Astronomical Observatory of Kiev University in 1967–1972.] / Vest. Kiev. Un-ta ser. Astronomiya. № 16. S.104–109. [in Russian].

Dodonov, A. G., Putyatin, V. G. 2017. Nazemnyie opticheskie, optiko-elektronnyie i lazer-notelevizionnyie sredstva traektornyih izmereniy [Ground-based optical, optical-electronic and laser-television means of trajectory measurements] / ISSN 1028-9763. Matematichni mashini i sistemi. № 4. S. 30–56. [in Russian].

Chupahin, A. P. 2017. Razrabotka i issledovanie opticheskogo izmeritelnogo kompleksa dlya soprovojdeniya obyektov, dvijuschihsya po slojnyim traektoriyam [Development and research of an optical measuring complex for tracking objects moving along complex trajectories]: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.11.13 — Priboryi i metodyi kontrolya prirodnoy sredyi, veschestv, materialov i izdeliy. Nijniy Tagil, 152 s. [in Russian].

Kazantseva L.V., *candidate of physical and mathematical sciences, research fellow Astronomical Observatory, Head of the Astronomical Museum, The National University of Kyiv named after Taras Shevchenko (Kyiv, Ukraine) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0380-623X*
Salata S.L., *candidate of historical sciences, leading research fellow military history research center, The National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi (Kyiv, Ukraine) ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4753-6753*

MILITARY EQUIPMENT USED IN SCIENTIFIC RESEARCH. CINEMA PHOTOTHEODOLITE

The article describes the main stages of the history of film phototheodolite and its scope for military purposes and science. The history of manufacturers, who were the first to create prototypes of film phototheodolite, as well as designers who improved its structure by making qualitatively new changes in the design of the device.

The role it played in scientific research, in particular, in determining the parameters of position and orientation of fast-moving objects in space, film phototheodolite KFT-10/20 and its place in the museum exposition of the Kiev Astronomical Observatory. Emphasis is placed on the use of the device for astronomical purposes.

Its structure, use (for military purposes), improvement and re-equipment (with further use for scientific purposes), as well as modern analogues are described.

Key words: *film phototheodolite, optics, observation, photography, trajectory measuring instruments, visual tracking.*