

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)

**ВЕСТНИК
СГГА**

**(СИБИРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ)**

Выпуск 1 (17)

Новосибирск
СГГА
2012

УДК 528:535:681.7
В387

Главный редактор

Доктор технических наук, профессор *А.П. Карник*

Редакционная коллегия:

Кандидат технических наук, профессор *В.Б. Жарников* – заместитель главного редактора; член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, президент МИИГАиК *В.П. Савиных*; доктор технических наук, профессор, ректор МИИГАиК *В.А. Малинников*; доктор технических наук, профессор, проректор МИИГАиК *И.Г. Журкин*; доктор технических наук, профессор, первый проректор МИИГАиК *А.Г. Чибуничев*; доктор технических наук, профессор МИИГАиК *Х.К. Ямбаев*; доктор физико-математических наук, профессор, советник губернатора НСО *Г.А. Сапожников*; член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, директор Института горного дела СО РАН *В.Н. Опарин*; доктор биологических наук, директор Института почвоведения и агрохимии СО РАН *К.С. Байков*; кандидат экономических наук, зам. руководителя Территориального управления Росреестра по НСО *Д.А. Ламерт*; доктор физико-математических наук, профессор, зав. лабораторией Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН *В.Ю. Тимофеев*; доктор технических наук, профессор *А.И. Каленицкий*; доктор технических наук, профессор *Д.В. Лисицкий*; кандидат технических наук, профессор *И.В. Лесных*; доктор технических наук, профессор *В.Н. Москвин*; кандидат технических наук, профессор *В.А. Середович*; доктор технических наук, профессор *Л.К. Трубина*; доктор технических наук, профессор *В.Я. Черепанов*; доктор технических наук, профессор *В.Б. Шлишевский*; кандидат технических наук, профессор *Т.А. Широкова*

В387 Вестник СГГА (Сибирской государственной геодезической академии) [Текст] : науч.-технич. журн. / учредитель ФГБОУ ВПО «СГГА». – Вып. 1 (17). – Новосибирск: СГГА, 2012. – 152 с. – ISSN 1818-913X

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГГА

УДК 528:535:681.7

© ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия» (СГГА), 2012

Тел. (383)343-39-37, факс (383)344-30-60

e-mail: rektorat@ssga.ru

Учредитель – ФГБОУ ВПО «СГГА».

Рег. свид. ПИ № ФС 77-46974 от 14.10.2011 г.

Индекс 43809 в бюллетене «Объединенный каталог. Пресса России. Газеты и журналы»,
Internet-каталог «Российская периодика».

Журнал включен в систему РИНЦ.

ГЕОДЕЗИЯ



УДК 528.517: 537.715.1

ФЕМТОСЕКУНДНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ ДАЛЬНОМЕР С РАСПРОСТРАНЕНИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ В ВАКУМИРОВАННОЙ ТРУБЕ

Александр Владимирович Кошелев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры специальных устройств и технологий СГГА, тел. 8923-243-55-05, e-mail: alvlkosh@yandex.ru

Александр Петрович Карпик

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор, ректор, тел. (383)343-39-37, e-mail: rectorat@ssga.ru

Владимир Адольфович Середович

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, профессор, проректор, тел. (383)343-29-66, e-mail: rectorat@ssga.ru

Для повышения точности измерений больших расстояний предложена схема высоко-точного абсолютного фемтосекундного интерференционного лазерного дальномера. Этот дальномер может быть использован для измерения километровых расстояний с микрометровой инструментальной погрешностью.

Ключевые слова: дальномер, инструментальная ошибка, точность измерения расстояний, абсолютный фемтосекундный интерференционный лазерный дальномер.

FEMTOSECOND LASER RANGER WITH THE RADIATION PROPAGATION IN A VACUUM PROCESSED TUBE

Alexandr V. Koshelev

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), Russia, Novosibirsk 630108, 10 Plakhotnogo St; MSc, senior lecturer, Prof., department of specialized instrumentation and technologies SSGA; tel. 8923-243-55-05, e-mail: alvlkosh@yandex.ru

Alexandr P. Karpik

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), Russia, Novosibirsk 630108, 10 Plohotnogo St; Ph. DSc, Prof., rector, tel. (383)343-39-37, e-mail: rectorat@ssga.ru

Wladimir A. Sereдовch

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), Russia, Novosibirsk 630108, 10 Plohotnogo St; Ph. MSc, Prof., vice rector, tel. (383)343-29-66, e-mail: rectorat@ssga.ru

The design of a high precision absolute femtosecond interference laser ranger for the increase a long distance measurement precision the is suggested. This range finder can be used for measuring kilometer distance with micrometer instrumental error.

Key words: range finder, instrumental error, distance measurement precision, absolute femtosecond interference laser ranger.

С появлением первых газовых лазеров в начале шестидесятих годов прошлого века для геофизических исследований были созданы лазерные интерференционные деформографы с микрометровой инструментальной чувствительностью [1]. Эти приборы используются в зонах геологических разломов пород для измерения относительных линейных деформаций литосферных плит. Измерения выполняются лазерными интерферометрами с фиксацией линейных изменений длин на расстояниях до 1 км по показаниям интерферометра с погрешностью до долей микрометров. Для исключения влияния атмосферы на точность интерференционных измерений в деформографах, созданных в 1961 г., излучение лазера проходит контролируемое расстояние около 1 км до отражателя и обратно в вакуумированных трубах с прозрачными торцами [1].

При выполнении геодезических линейных измерений часто требуются не относительные, а абсолютные значения измеряемых длин порядка 1 км с микрометровой погрешностью. В относительных интерферометрах без прокатки отражателя вдоль линии определяется информация лишь об изменениях длины измеряемой линии, в то время как абсолютные интерферометры позволяют вести измерения одним дальномером попеременно на несколько отражателей, не теряя информации об абсолютных значениях измеренных ранее длин. Это позволяет определять и отслеживать деформации и изменения длин в реальном времени. Кроме того, абсолютные интерферометры могут быть использованы как для создания эталонных базисов, так и для слежения за смещением и деформациями различных элементов и блоков плотин крупных ГЭС, ядерных реакторов и других стратегически важных объектов.

Поскольку инструментальная чувствительность современных электронных дальномеров достигла погрешностей 0,01 мм, то эталонные базисы должны иметь на порядок меньшую погрешность, т. е. микрометровую. Важно отметить, что в настоящее время лазерных дальномеров и абсолютных интерферометров для измерения расстояний порядка 1 км с микрометровой точностью не существует. Поэтому создание таких приборов является важной и актуальной задачей современной лазерной дальнометрии.

За последние 10 лет появились малогабаритные лазеры, генерирующие как одиночные, так и периодические последовательности мощных фемтосекундных импульсов. Фемтосекундный импульс (ФИ) длительностью 1 фс = 10^{-15} с занимает в пространстве 0,3 мкм. Использование одиночных фемтосекундных им-

пульсов в стандартных импульсных дальномерах нецелесообразно, поскольку не существует электронных измерителей временных интервалов с фемтосекундным временным разрешением. Открытым также остается вопрос об учете влияния атмосферы на результаты светодальномерных измерений. Поэтому автором были разработаны схемы, позволяющие выполнять измерения расстояний с использованием периодических последовательностей фемтосекундных импульсов с субфемтосекундным временным разрешением по времени порядка 0,5 фс. В линейной мере это составляет около 0,15 мкм.

Сущность работы таких дальномеров основана на временном совпадении опорных и отраженных импульсов в фотоприемнике путем задержки опорных импульсов со строго контролируемой микрометровой оптической линии с цифровым отсчетным устройством. С этой целью лазер генерирует периодическую последовательность фемтосекундных лазерных импульсов (ФЛИ) с высокостабильной частотой следования импульсов 150 МГц. В предлагаемом дальномере с помощью ОЛЗ в линейной мере определяется домер измеряемого расстояния в пределах половины длины волны частоты следования ФИ. Для частоты следования ФИ 150 МГц половина длины волны составит 1 м. Временного совпадения импульсов добиваются задержкой опорных импульсов относительно отраженных в прецизионной оптической линии задержки (ОЛЗ), контролируемой непрерывным лазерным интерферометром. В этом случае погрешность совмещения ФИ для импульса длительностью 1 фс в линейной мере составит около 0,15 мкм.

В основу работы предлагаемого дальномера была положена схема импульсного лазерного дальномера с периодической последовательностью (решеткой) сверхкоротких пикосекундных лазерных импульсов. Впервые подобная схема была представлена в 1979 г. для пикосекундного дальномера, принципы работы которого были доложены в 1980 г. на научно-технической конференции в МВТУ им. Баумана [2]. Принципиально новым решением в этих схемах является использование высокостабильной периодической последовательности сверхкоротких импульсов без применения малоинерционных фотоприемников и сверхвысокоточных измерителей временных интервалов. Регистрация временного совпадения сверхкоротких опорных и измерительных импульсов в предлагаемых автором схемах дальномеров осуществляется сразу в линейной мере с помощью ОЛЗ с микрометрическим отсчетным устройством по максимальным показаниям индикатора амплитуды. Подобная методика основана на использовании нелинейных корреляционных методов для измерения длительностей сверхкоротких лазерных импульсов с применением простых фотоприемников при их временном и пространственном совпадении опорных и отраженных ФИ.

В данной работе предлагается схема дальномера примерно на три порядка более точного, чем дальномер, представленный в работе [2].

С целью устранения влияния атмосферы и дисперсионного расплывания импульсов в измерительном канале «дальномер – отражатель» предложено ис-

Работа дальномера основана на использовании явления интерференции периодических последовательностей опорных и отраженных импульсов с равными амплитудами в фотоприемнике ФП. Фемтосекундный лазер ФЛ излучает периодическую последовательность ФЛИ с частотой следования 150 МГц. Полупрозрачным зеркалом ПЗ1 импульсы делятся на два пучка и направляются в опорный и измерительный каналы.

Измерительные импульсы зеркалом З1 и разделительной призмой РП направляются в передающую оптическую систему, а затем через вакуумированную трубу ВТ – на удаленный отражатель ОТР. Отраженные импульсы параллельным путем проходят измеряемое расстояние обратно и от РП, зеркалом З2 и полупрозрачным зеркалом ПЗ2 совмещаются в один пучок с опорными импульсами и поступают через оптический фильтр ОФ в фотоприемник ФП.

Опорные импульсы, отраженные зеркалом ПЗ1, проходят через серый клин СК и регулируемую оптическую линию задержки ОЛЗ, состоящую из зеркал ЗЗ, З4 и призмы П1. Затем они совмещаются полупрозрачным зеркалом ПЗ2 в один луч с отраженными импульсами. Изменяя задержку опорных импульсов с помощью устройства управления УУ ОЛЗ, добиваются временного совпадения отраженных и опорных импульсов. В этом случае ток фотоприемника (ФП) будет пропорционален квадрату амплитуды суммы электрических полей опорных и отраженных фемтосекундных импульсов.

В процессе измерений, например, в режиме «дистанция» (Дист) с помощью серого клина (СК) добиваются равенства амплитуд опорных и отраженных импульсов. При равенстве амплитуд электрических полей опорного и отраженного импульсов, например, условной единице 1, ток на выходе ФП, регистрируемый детектором амплитуд (ДА), только при их временном и пространственном совпадении будет пропорционален $(1 + 1)^2 = 4$. Если же импульсы не совпадают по времени прихода на фотоприемник, то его ток пропорционален 1, так как $(1 + 0)^2$ или $(0 + 1)^2$, а показания ДА будут в четыре раза меньше. Таким образом получают отсчеты по ЦИ ЛИП в режиме Дист. Аналогично получают отсчеты и в режиме ОКЗ.

В режиме Дист ФЛИ отражаются от отражателя (ОТР) и характеризуются домерами измеряемой длины, а в режиме оптического короткого замыкания от призмы П1 (ОКЗ) определяется длина домера прохождения импульсов внутри прибора на момент измерений.

В качестве точного измерителя смещений призмы П1 в дальномере используется лазерный интерферометр перемещений (ЛИП) с цифровым индикатором (ЦИ). При этом призма П2 жестко скреплена с призмой П1 ОЛЗ. В режиме измерений ОКЗ при совпадении опорных и отраженных импульсов по максимальным показаниям индикатора амплитуды ИА обнуляют показания ЦИ интерферометра. Затем выполняют измерения в режиме Дист. В этом случае показания ЦИ ЛИП будут соответствовать дробной части метра ΔD измеряемого расстояния D .

Измеренное полное расстояние определяется по формуле

$$D = N + \Delta D ,$$

где N – количество метров измеряемой линии, определенное другим методом или измеренное менее точным светодальномером; ΔD – домер, точно измеренный фемтосекундным дальномером в пределах одного метра с интерференционной погрешностью.

Важно отметить, что такие измерения базиса требуют как дорогостоящей аппаратуры, так и весьма сложных и дорогостоящих подготовительных работ. Однако использование метода, предложенного в работе [4], позволит в створе с измеренным базисом весьма быстро и дешево откладывать на местности такие же расстояния с близкой точностью и создавать многокилометровые базисы для метрологической аттестации светодальномеров и GPS-приемников.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бергер Д. Применение лазерной техники в геодезии и геофизике. – М.: Недра, 1977. – С. 10–20.
2. Кошелев А.В. Высокоточный лазерный импульсный дальномер // II Всесоюзная научно-техническая конференция. Применение лазеров в приборостроении и медицинской технике. – М.: МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1979. – С. 89–90.
3. Голубев А.Н., Ханов В.А. Лазерная интерферометрия больших расстояний. – М.: Недра, 1991. – 134 с.
4. Кошелев А.В. К вопросу о создании базисов для аттестации спутниковой аппаратуры и светодальномеров // Геодезия и картография. – 2011. – № 8. – С. 18–21.

Получено 24.02.2012

© А.В. Кошелев, А.П. Картик, В.А. Середович, 2012

УДК 528.389

**К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ
ДЕФОРМАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОВТОРНОГО ВЫСОКОТОЧНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ**

Вячеслав Георгиевич Колмогоров

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры геодезии СГГА, тел. (383)344-36-60, (383)330-80-25, 8913-941-78-90, e-mail: Vyacheslavgeorgievich@mail.ru

В статье описан метод вычисления кинематических параметров земной поверхности, характеризующих ее деформационное состояние, обусловленное тектоническими процессами.

Ключевые слова: современные вертикальные движения земной поверхности (СВДЗП), крен, относительный прогиб, изменение наклона и кривизны земной поверхности.

**TO THE ISSUE OF THE POSSIBILITY
OF GROUND SURFACE STRAIN STATE STUDY BASED
ON REPETITIVE HIGH-PRECISION LEVELING MEASUREMENTS**

Vyacheslav G. Kolmogorov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10, Plakhotnogo st., Prof., Dr., department of Geodesy SSGA, tel. (383)344-36-60, (383)330-80-25, 8913-941-78-90, e-mail: Vyacheslavgeorgievich@mail.ru

The article describes a method of calculation of ground surface kinematic conditions characterizing its strain state, specified by tectonic processes.

Key words: modern vertical motion, roll, relative deflection, ground surface slope and curvature alteration.

Исходными данными для вычисления таких кинематических параметров земной поверхности, как скорости изменения ее наклонов (первая производная скорости СВДЗП по направлению) и кривизны (вторая производная скорости СВДЗП по направлению), являются полученные при обработке результатов повторного прецизионного нивелирования амплитуды вертикальных смещений точек земной поверхности. В инженерно-динамических исследованиях (изучение осадок и деформаций инженерных сооружений) эти числовые характеристики надежно вычисляются по простым формулам [1]:

- крен (наклон) исследуемого участка

$$i_{j,j+1} = (\Delta H_{j+1} - \Delta H_j)/l_{j,j+1}; \quad (1)$$

- относительный прогиб

$$f = (2\Delta H_j - (\Delta H_{j-1} + \Delta H_{j+1}))/2l_{j-1,j+1}; \quad (2)$$

- кривизна изгибаемого участка

$$k = 2(l_{j,j+1} - l_{j-1,j}) / (l_{j-1,j} + l_{j,j+1}). \quad (3)$$

В формулах (1)–(3) приняты следующие обозначения: ΔH_j – вертикальное смещение j -го репера; $l_{j,j+1}$ – расстояние между j -м и $(j+1)$ -м реперами. Эти формулы вполне приемлемы и при изучении тектонических деформаций земной поверхности.

Изменения наклона земной поверхности по нескольким пересекающимся в узловой точке линиям позволяют определить изменение Δv и главное направление A наклона целого блока земной поверхности следующим образом.

Изменение наклона δv земной поверхности вдоль нивелирной линии, длина которой l и азимут (или дирекционный угол) α , можно представить следующим образом [2]:

$$\delta v = \delta v_x \cos \alpha + \delta v_y \sin \alpha. \quad (4)$$

Неизвестные компоненты наклона в плоскостях меридиана и первого вертикала ($\delta v_x = \delta v / \delta x$, $\delta v_y = \delta v / \delta y$) находятся из решения системы уравнений (4), число которых равно числу нивелирных ходов, пересекающихся в узловой точке. После этого вычисляются изменение Δv и главное направление A наклона блока земной поверхности:

$$\Delta v = \sqrt{\delta v_x^2 + \delta v_y^2}; \quad A = \arctg(\delta v_y / \delta v_x). \quad (5)$$

В качестве меры наклона служит величина горизонтального градиента вертикальных движений (или их скоростей) земной поверхности, вычисляемая по формуле

$$|\text{grad} V_h| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}, \quad (6)$$

где $V_x = \partial V(x, y) / \partial x$ и $V_y = \partial V(x, y) / \partial y$ – первые производные скорости СВДЗП в плоскостях меридиана и первого вертикала. Направление (азимут или дирекционный угол) вектора скорости изменения наклона определяется соотношением

$$A = \arctg(V_y / V_x). \quad (7)$$

Размерность градиента выражается в единицах 10^{-6} год $^{-1}$, если V берется в мм/год, а x и y – в километрах. При умножении на $\rho = 206\,265''$ скорость изменения наклона получается в угловой мере с размерностью с/год.

При площадном распределении современных вертикальных движений, представленных в виде карт изобаз, поле скоростей этих движений является регулярной поверхностью, что позволяет вычислять ее наклоны и главные кривизны Гауссовым фундаментальным величинам, которые определяются через

первые (V_x, V_y) и вторые (V_{xx}, V_{xy}, V_{yy}) производные скоростей СВДЗП, определяемых при помощи палетки с шагом скользящего окна d [4]:

$$E = 1 + V_x^2; \quad F = V_x V_y; \quad G = 1 + V_y^2; \quad L = V_{xx}(EG - F^2)^{-0,5};$$

$$M = V_{xy}(EG - F^2)^{-0,5}; \quad N = V_{yy}(EG - F^2)^{-0,5},$$

где

$$V_x = (1/6d^2) \sum_1^9 x_i V_i; \quad V_y = (1/6d^2) \sum_1^9 y_i V_i; \quad V_{xx} = (1/d^4) \sum_1^9 x_i y_i - (2/3d^2) \sum_1^9 V_i;$$

$$V_{xx} = (1/d^4) \sum_1^9 y_i V_i - (2/3d^2) \sum_1^9 V_i, \quad V_{yy} = (1/4d^2) \sum_1^9 x_i y_i V_i.$$

Поскольку скорости СВД составляют не более нескольких см/г, то $V_x^2, V_y^2, V_x V_y$ не превышают значений 10^{-10} год $^{-1}$ и поэтому, считая их пренебрегаемо малыми, получим $E = 1, F = 0, G = 1, L = V_{xx}, M = V_{xy}, N = V_{yy}$.

Под кривизной земной поверхности понимается величина искривления $k = 1/R$ (R – радиус кривизны регулярной поверхности). Главные кривизны $k_{1,2}$ определяются из решения квадратного уравнения

$$k^2 + (2FM - FN - GL)(EG - F^2)^{-1}k + (LN - M^2)(EG - F^2)^{-1} = 0. \quad (8)$$

После решения уравнения (8) и некоторых преобразований определяются значения главных кривизн

$$k_{1,2} = 0,5(V_{yy} + V_{xx}) \pm \sqrt{0,25(V_{xx} + V_{yy})^2 - (V_{xx}V_{yy} - V_{xy})^2}. \quad (9)$$

Размерность главной кривизны – 10^{-6} км $^{-1}$ год $^{-1}$, если V даны в мм/год, а x и y – в км.

Направления (азимут или дирекционный угол) главных кривизн вычисляются по формулам

$$\text{tga}_1 = (k_1 - V_{xx})/V_{xy}; \quad a_2 = a_1 \pm 90^\circ. \quad (10)$$

Для графического представления изгибовой деформации на плоскости в виде изолиний целесообразно брать сумму главных кривизн

$$k = k_1 + k_2 = V_{xx} + V_{yy}. \quad (11)$$

При $k > 0$ поверхность вогнута, т. е. центральная точка оказывается ниже периферийных, при $k < 0$ поверхность выпуклая. При $k = 0$ поверхность переходит в плоскость (горизонтальную или наклонную), в которой может меняться знак кривизны.

На рис. 1 представлена схема изменений скоростей наклонов земной поверхности юга Западной Сибири, вычисленных в узловых точках нивелирной

сети по формуле (4). Векторы скоростей изменения наклонов локальных структур направлены в сторону унаследованных впадин Западной Сибири (Купинский, Кузнецкий, Иртышский прогибы, Кулундинская, Назаровская, Минусинская впадины и др.); в региональном плане намечается тенденция общего перекоса Западно-Сибирской плиты в сторону Енисейской складчатости. Возможно, это является результатом раздвигания в зоне Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта и поднятия Уват-Ханты-Мансийского кристаллического массива.

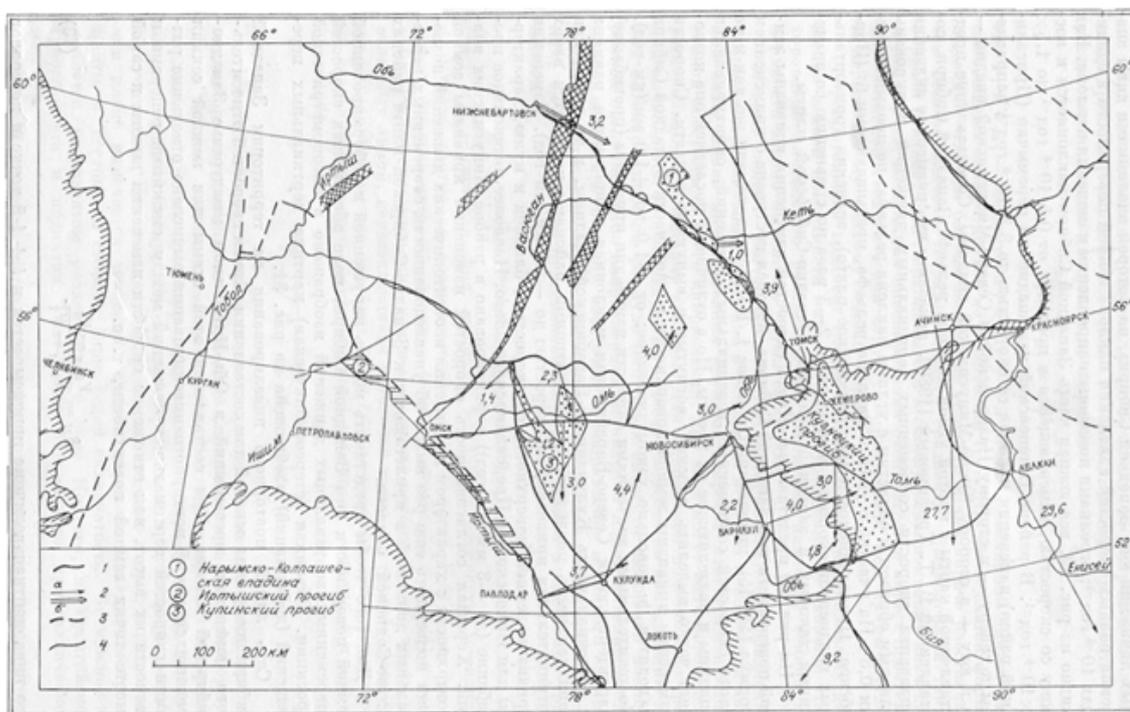


Рис. 1. Схема изменения скоростей наклонов земной поверхности юга Западной Сибири:

1 – линии повторного нивелирования; 2 – векторы скорости изменения наклонов (*a* – локальных, *b* – региональных) земной поверхности (мс/г); 3 – основные разломы; 4 – граница распространения мезозойско-кайнозойского платформенного чехла

На «Карте горизонтальных градиентов скоростей СВД юга Западной Сибири» изолиниями представлены значения равных скоростей изменения наклона земной поверхности в единицах 10^{-8} год⁻¹ (рис. 2). Стрелками показаны направления изменения наклона. Как видно из рис. 2, вся южная часть Западной Сибири наклоняется к востоку со скоростью, изменяющейся в пределах от $0,5 \cdot 10^{-8}$ год⁻¹ до $1,5 \cdot 10^{-8}$ год⁻¹. В районе Батеневской межвпадинной перемычки (Присянский район) изменения наклона со скоростью $3,5 \cdot 10^{-8}$ год⁻¹ к северу – в сторону Назаровской и Северо-Минусинской впадин – и к югу – в сторону Южно-Минусинской впадины.

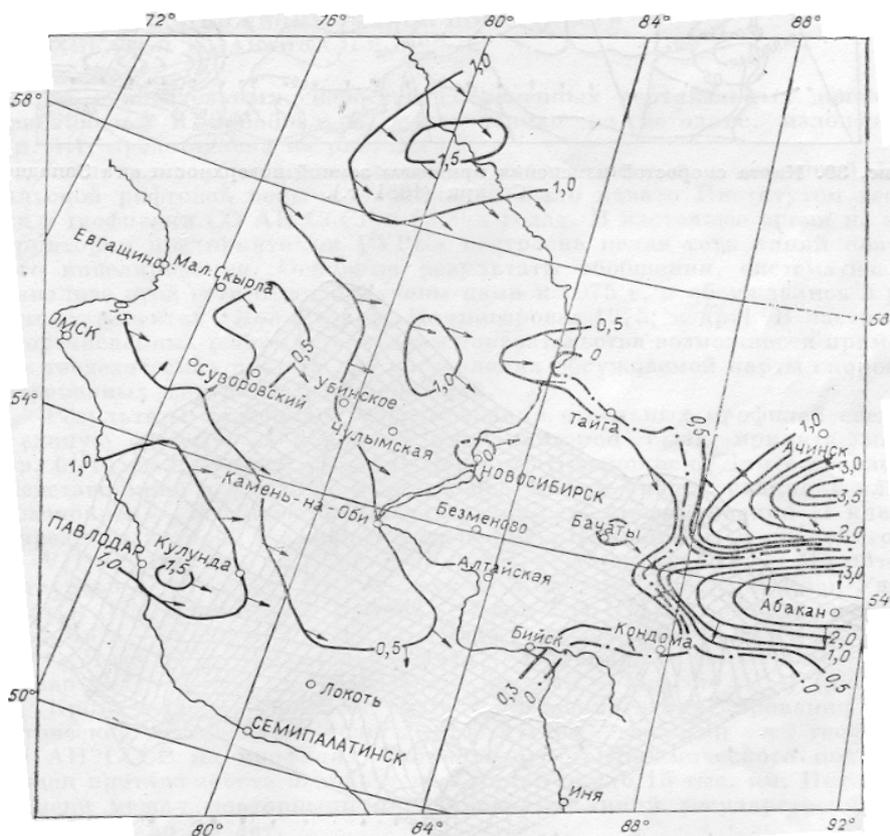


Рис. 2. Карта горизонтальных градиентов скоростей СВД юга Западной Сибири.

Изолиниями изображены значения равных скоростей изменения наклона земной поверхности в единицах 10^{-8} год^{-1}

Скорости изменения кривизны земной поверхности южной части Западной Сибири (рис. 3) находятся в довольно узком диапазоне: от $-1,0$ до $+1,0$ мм/(км·год). Положительными значениями скорости изменения кривизны (прогибание) характеризуются Северо-Барабинская наклонная приподнятая равнина и восточная часть Кулундинско-Барабинской впадины, в то время как западная часть последней с прилегающими районами изгибается вверх (отрицательная кривизна) со скоростью до $-1,0$ мм/(км·год). Изменения кривизны земной поверхности со скоростью, близкой к нулю, характерны для Приобского и Предсалаирского плато. Наиболее интенсивное пригибание до -3 мм/(км·год) зафиксировано в районе Минусинских впадин. Хорошая согласованность скоростей изменения кривизны земной поверхности с характером проявления неотектонических движений позволяет подтвердить еще раз вывод об унаследованности современных вертикальных движений в прилегающих к Западно-Сибирской плите районах Алтае-Саянской области.

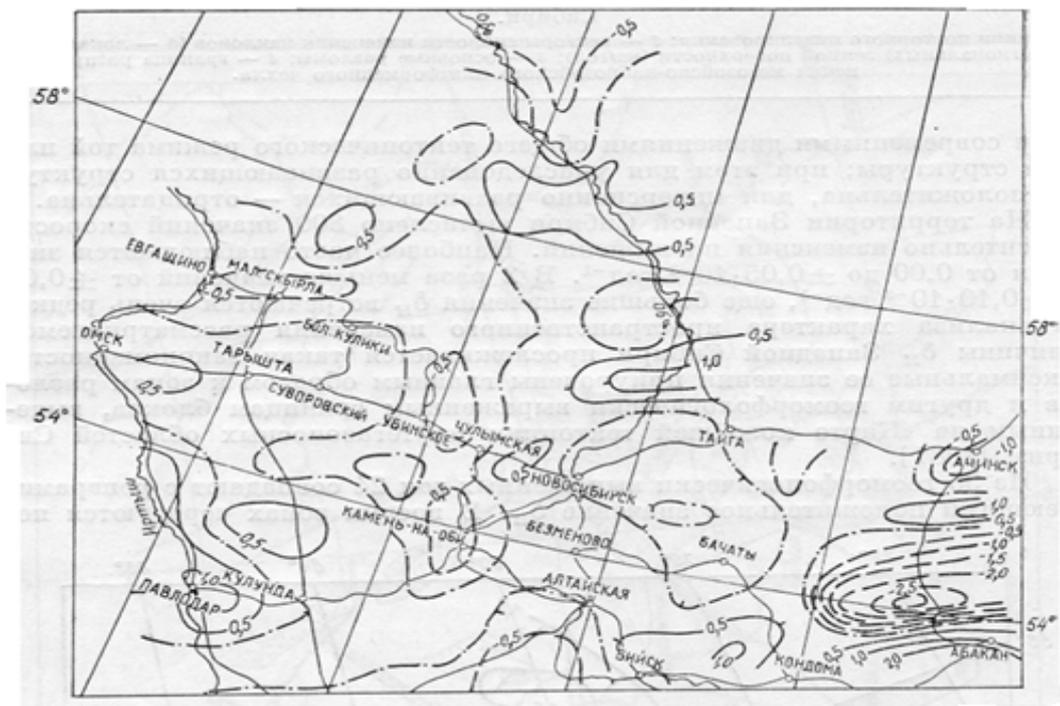


Рис. 3. Карта скоростей изменения кривизны земной поверхности юга Западной Сибири

Характеризуя искривленность участка, величина k не позволяет дать однозначный ответ на вопрос о степени сжатия или растяжения изучаемого района.

Этот вопрос может быть решен только при изучении как вертикальных, так и горизонтальных смещений земной поверхности, а также по типу аномалий СВДЗП в приразломных зонах, выявленному при тектонофизическом анализе результатов повторного нивелирования [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геодезические методы исследования деформаций сооружений / Зайцев А.К., Марфенко С.В., Михелев Д.Ш. и др. – М.: Недра, 1991.
2. Современная кинематика земной поверхности юга Сибири / Колмогоров В.Г., Колмогорова П.П. – Новосибирск: Наука. Сиб отд-ние, 1990. – 153 с.
3. Колмогоров В.Г. Тектонофизическая интерпретация кинематических параметров Сибири / ГЕО-Сибирь-2009: сб. матер. V Междунар. науч. конгресса. Т. 1, Ч. 2. – Новосибирск: СГГА, 2009. – С. 122–128.
4. Thurm H. Ableitung vom Gradienten und Biegungsdeformationen der rezenten vertikalen Erdkrustbewegungen // Vermessungstechnik. – 1978. – № 6. – S. 208–209.

Получено 10.02.2012

© В.Г. Колмогоров, 2012

УДК 528.563:550.831

**ПСЕВДОГРАВИТАЦИОННЫЙ СИГНАЛ,
ФОРМИРУЮЩИЙСЯ В ПРУЖИННОМ ГРАВИМЕТРЕ
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН
ЕСТЕСТВЕННОГО ЭНДОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ,
И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭТОГО СИГНАЛА В ГЕОЛОГОРАЗВЕДКЕ**

Владимир Петрович Дедов

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), 630091, Россия, г. Новосибирск, ул. Красный пр-т, 67, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. 8913-725-19-38, e-mail: mainbox@asmsnsk.ru

В работах [8, 13–16, 28, 29] было дано математическое описание псевдогравитационного сигнала ξ , возникающего в пружинном гравиметре при его сотрясениях эндогенными микросейсмическими волнами. Сигнал ξ несет в себе информацию о погребенных геологических объектах. В упомянутых работах систематизированы разведочные признаки ξ -сигнала. Показано, что некоторые из них неосознанно используются в высокоэффективной эмпирической методике оконтуривания залежей нефти и газа, известной под аббревиатурой ГОНГ. Однако автор методики подводит под нее собственный закон всемирного тяготения, очень сильно отличающийся от закона Ньютона. В статье подкрепляется ранее высказанная альтернативная микросейсмическая версия методики ГОНГ.

Ключевые слова: пружинный гравиметр, микросейсмы, гравиразведка.

**THE PSEUDO-GRAVITATIONAL SIGNAL FORMED
IN SPRING GRAVIMETER UNDER THE INFLUENCE
OF MICROSEISMIC WAVES NATURAL ENDOGENOUS OF THE ORIGIN,
AND USE OF THIS SIGNAL IN GEOLOGICAL PROSPECTING**

Vladimir P. Dedov

The Siberian scientific research institute of geology, geophysics and raw materials mine-ralnogo, 630091, Russia, Novosibirsk, street the Red avenue, 67, Ph.D., senior research associate, tel. 8913-725-19-38, e-mail: mainbox@asmsnsk.ru

In [8, 13–16, 28, 29] papers it was given a mathematical description of this falsegravitational ξ signal happening to appear in our spring gravimeter shaken by the endogenous microseismic waves. Such a signal bears the underground geological objects information. In the above-mentioned papers the ξ -signal survey sings are thoroughly systematized. Is has been shown here that some of these indications are undeliberately used in the highly-effective empiric methods of the gas and coal-beds contouring known as the GONG abbreviation. But the author of the methods underpins his own law of gravity which is strongly opposed to Newton's one. In the article the early presented alternative microseismic version the GONG-methods is also presented.

Key words: spring gravimeter, microseisms, gravitational prospecting.

В статье [13], а затем кратко в [2], мы изложили микросейсмическую версию разведочных сигналов, используемых в гравиметрической методике оконтуривания залежей нефти и газа ГОНГ. Автор методики И.Н. Михайлов, откликнувшийся статьей [24], попытался доказать несостоятельность нашей кон-

цепции, не подкрепив свои аргументы проверяемыми математизированными выкладками и расчетами.

Но мы все же решили ответить на статью [24] по двум побудительным мотивам. Первый из них – вспомнить академика А.С. Алексеева, который вместе с И.Л. Нересовым [27] еще в 1959 г. смог увидеть нефтяную залежь в эндогенных микросейсмических волнах, которые, по нашему общему мнению, и стоят за методикой ГОНГ.

Вторым побудительным мотивом являлось желание поблагодарить И.Н. Михайлова за то, что он заметил у нас опечатку в выходных данных работы В.Г. Буданова [3], которая ныне исправлена, а также еще раз остановиться на основных теоретических и экспериментальных наработках, так или иначе касающихся методики ГОНГ.

1. Эффекты М-1 и М-2 Михайлова

И.Н. Михайлов, в 1970-х г. изучив колоссальный объем первичного гравиметрического материала, открыл два интереснейших эффекта в показаниях полевых пружинных гравиметров над залежами нефти и газа. Эти эффекты (обозначим их для краткости символами М-1 и М-2) и явились эмпирическими разведочными признаками методики ГОНГ. Напомним их содержание.

Эффект М-1 состоит в следующем (рис. 1, 2).

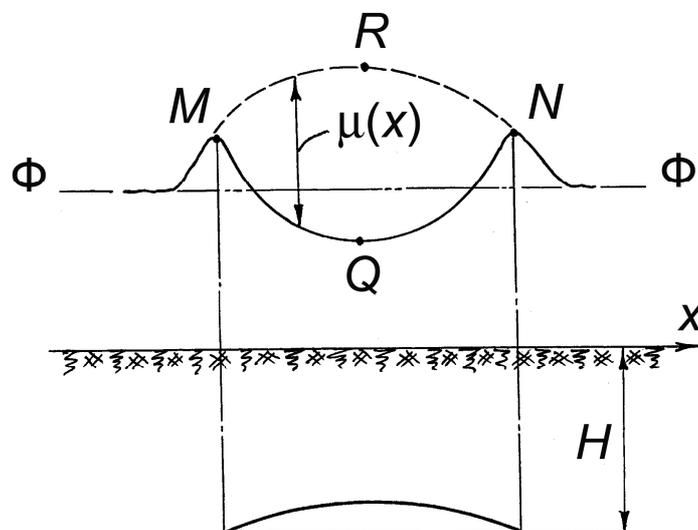


Рис. 1. Схема показаний разведочного пружинного гравиметра над залежью углеводородов:

ФФ – региональный фоновый уровень сигнала; сплошная кривая – типовой аномальный сигнал, отсчитанный от фона ФФ и имеющий странную, на первый взгляд, двухмодовую форму; пунктир *MRN* – восстановительное построение по И.Н. Михайлову. Согласно его концепции, границам залежи соответствуют экстремумы *M* и *N*. Приведенная схема у И.Н. Михайлова [20, 25] дается в несколько иной редакции: линия фона опущена так, что вся наблюдаемая кривая оказывается в области положительных значений

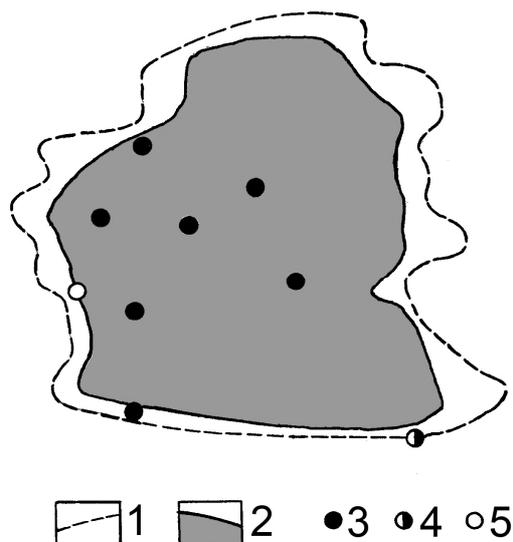


Рис. 2. Области положительных и отрицательных сигналов гравиметра над реальной залежью нефти – фрагмент иллюстрации из [25]:

1 – «контур положительной гравиметрической аномалии»; 2 – «контур характерной отрицательной аномалии»; 3, 4, 5 – скважины соответственно с промышленным, непромышленным и нулевым притоками нефти

Над границами залежи независимо от глубины H ее залегания всегда прослеживаются высокоградиентные положительные относительно фона $\Phi\Phi$ всплески M и N сигнала гравиметра. Между ними – более или менее пространственный спад к минимуму Q . Амплитуды экстремумов M , N и Q исчисляются десятками микрогал. Линия фона $\Phi\Phi$ может быть и горизонтальной, как на рис. 1, и наклонной, и даже криволинейной. Характерные реальные примеры представлены в [19–23].

До И.Н. Михайлова эффект М-1, как систематическое явление, содержащее ценную разведывательную информацию, ускользал от внимания поисковиков. Детали эффекта ввиду их малости интерпретаторы обычно относили к случайным погрешностям и исключали из рассмотрения традиционным «сглаживанием» кривых силы тяжести. А при недостаточно густой съемке, как это тоже бывало, эффект М-1 просто не мог проявиться и утрачивался безвозвратно.

Эффект М-2. Оказалось, что гравиметр откликается ГОНГ-сигналом на погребенный геологический контраст вроде края залежи, если этот контраст попадает в так называемый конус видимости. Вершина конуса находится на дневной поверхности в точке наблюдения, ось направлена к центру Земли, а центральный угол составляет $\sim 15^\circ$. Объекты, оказавшиеся вне «конуса видимости», практически не проявляются в ГОНГ-сигналах гравиметра.

Заметим, кстати, что угол 15° почти точно равен угловому радиусу слоя F в градации земных недр по Буллену. Этот переходный слой окутывает твердое ядро Земли и имеет наружный радиус 1 660 км [18, с. 53].

2. Интерпретация эффектов М-1 и М-2

Эффектам М-1 и М-2 никак не удавалось подыскать подходящего объяснения в рамках ньютоновского закона тяготения. Расчетные поля силы тяжести от уже известных залежей неизменно оказывались несовместимыми с данными наблюдений.

Некоторую надежду вроде бы подало любопытное начинание О.В. Витвицкого [7]. Обратившись к дипольным гравитирующим системам, составленным из аномальных тел положительной избыточной плотности (источники) и тел отрицательной избыточной плотности (стоки), автор в ньютоновской постановке добился эффектов, весьма похожих на М-1. Вообще говоря, таким путем можно синтезировать любую желаемую картину распределения силы тяжести по дневной поверхности (Хороший пример являет собой работа [4]). К сожалению, адекватность модельных плотностных конструкций в этом случае всегда остается сомнительной.

Но главная беда заключается в том, что теория источников – стоков, как и любая другая гравитационная теория, не вмещает одного странного, реально существующего и метрологически значимого явления. Речь идет о систематической разнице в показаниях нескольких гравиметров, имеющих существенно различную механическую чувствительность, при параллельной одновременной съемке в одних и тех же контрольных точках. Получается неожиданный, на первый взгляд, эффект: аномальный ГОНГ-сигнал оказывается тем большим, чем меньше чувствительность гравиметра.

Указанный феномен, несомненно, имеет вибрационную микросейсмическую природу. Впервые он был описан математически в [8], а затем получил однозначное подтверждение в реальной съемке [6]. Автор методики подводит под эффекты М-1 и М-2 собственную неньютоновскую модель гравитационного взаимодействия, из которой можно вычленишь и конспективно подать следующее.

2.1. «Восстановительная» гипотеза

Вернемся к рис. 1, иллюстрирующему, что, в отсутствие залежи показания гравиметра следовали бы некой «восстановленной» кривой MRN , которую интерпретатор всякий раз должен строить по своему опыту и разумению. Эффект от залежи тогда определяется разностью $\mu(x)$ между наблюдаемой и «восстановленной». Но это лишь правдоподобная гипотеза. В микросейсмической версии, которую мы отстаиваем, в отсутствие залежи гравиметр всюду показывает фоновое значение сигнала без всяких локальных экстремумов. Так что сигнал $\mu(x)$ физически является фиктивным, а методически – отягощенным субъективными ошибками «восстановительных» процедур.

Согласно [21], амплитуды сигнала $\mu(x)$ достигают 50–150 мкГал для нефти и 100–300 мкГал для газа. И.Н. Михайлов изначально приписал «восстановленному» сигналу $\mu(x)$, как и эффектам М-1 и М-2, незыблемо гравитационную природу.

2.2. «Принцип узконаправленного приема информации гравиметром» [19]

За неудачным заглавным термином стоит постулат, согласно которому маятник гравиметра притягивают только те массы, которые находятся в пределах упоминавшегося «конуса видимости». А к боковым массам, не попавшим в «конус видимости», маятник практически не тяготеет. Автор методики материализовал свой постулат в специальной «узконаправленной» палетке [19] и без всякого обоснования распространил его на тела, расположенные над гравиметром, т. е. в полупространстве верхней ветви «конуса видимости».

Научной общественностью этот постулат принят не был ввиду несоответствия многоплановым наблюдениям, например, экспериментам по измерению ньютоновской константы тяготения G [26]. Большая их часть, начиная с опытов Кавендиша (1798), выполнена на крутильных весах по горизонтальной схеме, когда центры притягиваемых и притягивающих масс лежат в единой горизонтальной плоскости. При этом притягивающие массы не вписываются в 15-градусные «конусы видимости». Другая группа G -экспериментов, начиная с опытов Йолли (1878), осуществлена с рычажными весами по вертикальной схеме, когда притягивающую массу устанавливают строго под притягиваемой массой, полностью или частично в пределах «конуса видимости». Указанные эксперименты дали практически одинаковые значения G . Следовательно, постулат «узконаправленности» ошибочен. Об этом очень определенно высказался профессор К.Е. Веселов в критической заметке [5].

2.3. «Гравитационное излучение» и его поглощение весомыми телами

Автор методики [22, 23, 25] считает, что сила тяжести g создается гравитационным излучением двух видов. Первый вид – эндогенное излучение. Оно эмиттируется из окрестности твердого ядра Земли. Радиус источника «виден» с дневной поверхности под углом 15° . Второй вид – более мощное всенаправленное излучение из космического пространства. Оба потока пронизывают всякое весомое тело и в очень малой доле поглощаются этим телом. Таким образом формируется сила, заставляющая свободное тело падать с ускорением g . А в случае несвободного пробного тела (каковым является, в частности, подпружиненный маятник гравиметра) возникает деформация связей, выступающая как опосредованная мера того же ускорения g . За ГОНГ-эффекты отвечает эндогенное излучение. Оно пересекает дневную поверхность квазирадиальными потоками. В данной точке наблюдения это излучение вписывается в «конус видимости».

Свое понимание «гравитационного излучения» автор не раскрывает, склоняясь к корпускулярному механизму гравитации в духе идей Ломоносова – Лесажа.

Эту модель мы исследовали очень внимательно. Основные ее трудности удалось преодолеть без коренной перестройки модели путем устранения изначальных упрощающих искусственностей. Подправленная лесажевская теория

фрагментарно изложена в [11], а детально – в Отчете–2001. Эта теория имеет ряд интересных геологических следствий. Поэтому представим небольшие извлечения из лесежевской теории, необходимые для дальнейшего изложения.

- За гравитационное взаимодействие в лесежевской теории отвечают мельчайшие космические частицы, летящие в мировом пространстве во всевозможных направлениях. Эти частицы условно назовем гравитонами (помня, однако, что термин «гравитон» уже занят гипотетической релятивистской частицей).

- Предположения: 1) в обозримом свободном пространстве гравитоны не сталкиваются друг с другом; 2) скорости \vec{v} гравитонов случайны и равномерно распределены как по направлениям, так и по модулям v ; 3) с обычным весомым телом могут взаимодействовать только те гравитоны, скорость которых относительно тела попадает в узкую полосу селективности Δv , приуроченную к некоторому весьма большому значению модуля v_0 . Прочие гравитоны пролетают сквозь тело, «не замечая» его присутствия.

- В современной лесежевской теории упомянутое взаимодействие сводится к акту поглощения. Если скорость v гравитона удовлетворяет условию $v_0 - 0,5\Delta v \leq v \leq v_0 + 0,5\Delta v$, то вероятность поглощения составляет величину

$$p = 1 - \exp[-h_0 q(l)] = h_0 q(l) - \frac{1}{2!} h_0^2 q^2(l) + \frac{1}{3!} h_0^3 q^3(l) - \dots, \quad (1)$$

где $q(l) = \int_l \rho(l) dl$; l – хорда тела, вдоль которой пролетает гравитон; ρ – плотность тела; h_0 – массовый показатель поглощения, выступающий в лесежевской теории в качестве новой мировой константы (И.Н. Михайлов обозначает этот показатель символом h , закрепленным за постоянной Планка).

- Справка. К. Майорана* из своего наиболее удачного эксперимента (1919 г., подробности в [30]) нашел:

$$h_0 = 6,7 Z, \quad (2)$$

где $Z = 10^{-12} \text{ см}^2/\text{г}$.

Он же теоретически сделал верхнюю оценку возможных значений показателя поглощения:

$$h_0 < 7,6 Z. \quad (3)$$

* Quirino Majorana (1871–1957), физик-экспериментатор, академик, бессменный президент Ассоциации итальянских физиков. Область научных интересов: гравитация, магнитооптический и фотоэлектрический эффекты, зодиакальный свет, радиоизлучение Юпитера, скорость света (Просим не путать К. Майорану с его племянником Этторе Майораной, физиком-теоретиком, введшим нейтрон и открывшим «силы Майораны»).

И.Н. Михайлов и некоторые другие авторы употребляют неверную транскрипцию фамилии ученого («Мажорана»).

Эксперимент К. Майораны перепроверен в [10, 11] на независимом материале многих надежных опытов, осуществленных в разное время разными исследователями с целью определения постоянной тяготения. Этот поиск в разных версиях дал

$$h_0 = (6,1 \pm 0,2) Z. \quad (4)$$

А современные вычислительные возможности позволили также более точно переобработать сам эксперимент К. Майораны. Как сказано в [12], вместо (4) получается вполне согласная с (6) оценка:

$$h_0 = 6,2 Z. \quad (5)$$

▪ Мы не станем здесь воспроизводить и обсуждать лесежевский закон тяготения в его общем виде. Укажем лишь, что в случае «небольших» тел, у которых $h_0 g \ll 1$ и в разложении (1) можно ограничиться лишь первым членом ряда, лесежевский закон финитно выливается в закон Ньютона.

Нам потребуется только выражение для силы тяжести на поверхности сферически симметричного небесного тела:

$$g = \frac{2\pi f}{h_0} \int_0^{\frac{\pi}{2}} P(\beta) \sin \beta \cos \beta d\beta, \quad (6)$$

где $f = 6,76 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 \text{ г}^{-1} \text{ с}^{-2}$ – лесежевская константа тяготения; $P(\beta)$ – вероятность поглощения гравитонов, пронизывающих тело вдоль хорды, исходящей из точки наблюдения и ориентированной под углом β к направлению на центр тела.

Если масса некоторого гипотетического тела неограниченно возрастает, то получается $P(\beta) \rightarrow 1$, т. е. тело становится «непрозрачным» для гравитонов. На поверхности такого тела сила тяжести принимает (вопреки закону Ньютона) предельно возможное конечное значение

$$\hat{g} = \pi \frac{f}{h_0}. \quad (7)$$

При $f = 6,76 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 \text{ г}^{-1} \text{ с}^{-2}$ и $h_0 = 6,2 Z$ имеем

$$\hat{g} = 3,4 \cdot 10^5 \text{ см/с}^2. \quad (8)$$

Вернемся к воззрениям автора методики, которому для обеспечения согласия гипотезы «узконаправленности» с реальной силой тяжести на поверхности Земли пришлось (см. [23, 25]) ввести невероятно высокий показатель поглощения:

$$h_0 = 140 Z. \quad (9)$$

Налицо явное несоответствие верхнему пределу (3) и опытными значениям (4) и (5). А если подставить (9) в (7), то окажется, что сила тяжести на любом небесном теле не должна превышать величины $1,52 \cdot 10^3 \text{ см/с}^2$. Напомним, что у Солнца и Юпитера соответственно $g = 2,74 \cdot 10^4$ и $2,49 \cdot 10^3 \text{ см/с}^2$.

К сожалению, эти противоречия проигнорированы, не принята во внимание статья [32] выдающегося астрофизика Г.Н. Рассела, в которой показано, что даже при майорановском $h_0 = 6,7 Z$ возникали бы ощутимые деформации орбитальных движений в Солнечной системе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Опыт и результаты применения высокоточной гравиразведки при прямых поисках нефти на примере Верх-Тарского и Малоичского месторождений / Агульник И.М., Звягин Е.М., Колчин С.А., Михайлов И.Н., Яковенко А.А. // Повышение геологической эффективности и практические способы интерпретации гравиразведочных работ: сборник научных трудов. – М.: ВНИИГеофизика, 1982. – С. 58–65.
2. Алексеев А.С., Дедов В.П., Тригубович Г.М. Геофизики должны хорошо знать механику // Геофизика. – 2007. – № 3. – С. 55–62.
3. Буданов В.Г. Механизм влияния микросейсм на показания кварцевых наземных гравиметров // Прикладная геофизика. – 1997. – Вып. 86. – С. 99–116.
4. Василевский А.Н. «Фокусирующая» инверсия гравитационного поля в задачах мониторинга процесса заводнения на газовых месторождениях // Материалы международной конференции «Математические методы в геофизике (ММГ–2008), 13–15 октября 2008 г. – Новосибирск, 2008.
5. Веселов К.Е. Об «узконаправленном приеме гравиметрической информации» // Повышение геологической эффективности и практические способы интерпретации гравиразведочных работ: сборник научных трудов. – М.: ВНИИГеофизика, 1982. – С. 49–51.
6. Веселов К.Е., Горин В.П., Глухова Е.В., Науменко-Бондаренко О.И. Инерционные аномалии – новый источник геологической информации // Прикладная геофизика. – 1992. – Вып. 127. – С. 54–61.
7. Витвицкий О.В. Локальный прогноз нефтегазоносности по данным высокоточной гравиразведки // Прикладная геофизика. – 1990. – Вып. 122. – С. 107–118.
8. Галимов Р.В., Дедов В.П., Дорохин В.М. Неньютоновская гравитация или микросейсм в гравиметрических экспериментах? // Метрология. – 1990. – № 5. – С. 30–34.
9. Горбатилов А.В., Ларин Н.В., Моисеев Е.И., Беляшов А.В. Применение метода микросейсмического зондирования для изучения строения погребенной трубки взрыва // ДАН. – 2009. – № 428 (4). – С. 526–530.
10. Дедов В.П., Рыжкин Ю.В., Филимонов Б.П. Возможная роль Земли в гравитационных опытах // Проблемы гравитации и теории относительности. – М.: Изд-во УДН, 1986. – С. 146–152.
11. Дедов В.П., Филимонов Б.П., Рыжкин Ю.В., Шейкин А.Р. Гравитационный экраный эффект в G-экспериментах // Измерительная техника. – 1999. – № 10. – С. 17–23.
12. Дедов В.П., Филимонов Б.П. О промахах в тестировании и использовании рабочих гипотез гравитационных опытов // Измерительная техника. – 2006. – № 4. – С. 7–12.
13. Дедов В.П., Омельченко О.К., Тригубович Г.М., Филимонов Б.П. О перспективах разведки методом проходящих микросейсмических волн естественного эндогенного происхождения // Геофизика. – 2006. – № 3. – С. 30–40.
14. Дедов В.П., Дорохин В.М., Каленицкий А.И., Филимонов Б.П. Микросейсмический сигнал пружинного гравиметра // Измерительная техника. – 2007. – № 3. – С. 48–51.

15. Дедов В.П., Тригубович Г.М., Филимонов Б.П. Микросейсмические разведочные признаки залежей углеводородов // Методы прямого прогнозирования залежей углеводородов: тезисы докладов научно-практической конференции 24–26 ноября 2008 г. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2009. – С. 88–92.
16. Каленицкий А.И., Дедов В.П., Филимонов Б.П., Дорохин В.М. Воздействие микро-сейсм на показания пружинного гравиметра // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. – 2005. – Вып. 10. – С. 43–49.
17. Лоджевский М.И., Михайлов И.Н., Чертовских К.А. Возможности гравиразведки при поиске и изучении подземных сооружений // Разведка и охрана недр. – 2002. – № 2. – С. 38–41.
18. Мельхиор П. Физика и динамика планет. Ч. 2. – М.: Мир, 1976. – С. 483.
19. Михайлов И.Н. Разработка новых принципов интерпретации гравиразведки // Повышение геологической эффективности и практические способы интерпретации гравиразведочных работ: сборник научных трудов. – М.: ВНИИГеофизика, 1982. – С. 40–48.
20. Михайлов И.Н., Веселов К.Е. Результаты и место гравиразведки в проблеме прямого прогнозирования нефти и газа // Прикладная геофизика. – 1989. – Вып. 120. – С. 147–153.
21. Михайлов И.Н. Методика ГОНГ: Гравиразведка. Справочник геофизика. – М.: Недра, 1990. – С. 530–532.
22. Михайлов И.Н. Рабочая гипотеза о физических и теоретических основах интерпретации по методике ГОНГ // Прикладная геофизика. – 1995. – Вып. 129. – С. 119–124.
23. Михайлов И.Н. Гравитация и гравиразведка. Физические основы и практическая реализация // Геофизика. – 2005. – № 1. – С. 38–49.
24. Михайлов И.Н. Геофизики хорошо знают не только механику // Геофизика. – 2008. – № 5. – С. 76–80.
25. Михайлов И.Н. Проблема внедрения разработанных и разрабатываемых технологий в практику геологоразведочных работ на нефть и газ // Геофизика. – 2010. – № 3. – С. 16–21.
26. Сагитов М.У. Постоянная тяготения и масса Земли. – М.: Наука, 1969. – 188 с.
27. Садовский М.А., Николаев А.В. Новые методы сейсмической разведки. Перспективы развития // Вестник АН СССР. – 1982. – № 1. – С. 57–64.
28. Dedov V.P., Omelchenko O.K., Trigubovich G.M., Filimonov B.P. On a seismic prospecting method in propagation of endogenous microseismic waves: Bull. of the Novosibirsk computing Center, Issue 11 // NCC Publisher, Novosibirsk, 2006. – С. 65–83.
29. Dedov V.P., Dorokhin V.M., Kalenitskii A.I., Filimonov B.P. Microseismic signal of a spring gravimeter: Measurement Techniques. – 2007. – 50, № 3. – 302–307 (USA).
30. Edwards M.R. (edit.) Pushing gravity. New perspectives on a Le Sage's theory of gravitation: Publ. by C. Roy Keys Inc., Apeiron, Montreal, 2002. 316 p.
31. Fajkiewicz Z. Origin of the anomalies of gravity and its vertical gradient over cavities in brittle rock: Geophys. Prosp., 34, 2002. 1233–1254.
32. Russell H.N. On Majorana's theory of gravitation: Astrophys. Jour. 1921, 54, 5, 334–346.
33. Schlomka T. Über die Abhängigkeit der Schwerkraft vom Zwischenmedium: Zeitschrift für Geophysik, 1927, 3, 397–400.
34. Schlomka T. Über die Abhängigkeit der Schwerkraft vom Zwischenmedium: Zeitschrift für Geophysik, 1930, 6, 392–396.

Окончание в следующем выпуске «Вестник СГГА» № 2 (18) 2012.

Получено 21.02.2012

© В.П. Дедов, 2012

УДК 528.23

**ГЕОДЕЗИЯ БЕЗ ... ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ
(КООРДИНАТИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЛИпсоИДА ВРАЩЕНИЯ
ПО АЗИМУТАМ ПРЯМЫХ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ)**

Владимир Абрамович Падве

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор кафедры прикладной информатики СГГА, тел. (383)343-18-53, e-mail: kaf.pi@ssga.ru

Приводятся алгоритм и числовой пример координатизации поверхности эллипсоида вращения по азимутам прямых нормальных сечений, наблюдаемых с двух известных точек на определяемую.

Ключевые слова: координатизация, эллипсоид вращения, прямое нормальное сечение.

**THE GEODESY TO GO WITHOUT ... GEODESIC LINE
(COORDINATIZATION OF THE ELLIPSOID OF ROTATION SURFACE
BY THE DIRECT NORMAL SECTION AZIMUTHS)**

Vladimir A. Padve

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Professor, Department of applied information SSGA, tel. (383)343-18-53, e-mail: kaf.pi@ssga.ru

It is done an algorithm and numerical example for coordinatization of the ellipsoid of rotation surface by the direct normal section azimuths who were observed from two known point to a one determined.

Key words: coordinatization, ellipsoid of rotation, direct normal section.

Классическая технология передачи координат на поверхности эллипсоида вращения (сфероиде) по измеренным направлениям между нормальными сечениями реализуется с использованием геодезической линии, так как с помощью последней устраняется двойственность первых. При этом необходимо вводить поправки за переход от азимутов нормальных сечений к азимутам геодезических и решать сфероидические треугольники. Алгоритм последующей передачи координат представляет собой либо прямую геодезическую задачу, либо азимутальную засечку на сфероиде, решаемую по геодезическим линиям. Отметим, что оба варианта имеют ограничения по расстояниям.

Еще в 1865 г. проф. Ф.А. Слудский [1] дал формулу связи азимута прямого нормального сечения α_{ik} с координатами точек P_i и P_k , через которые оно проходит:

$$\operatorname{tg} \alpha_{ik} = \frac{\operatorname{tg} A_{ik}}{1 + Q_{ik}}, \quad (1)$$

где

$$\operatorname{tg} A_{ik} = \frac{\cos B_k \sin L_{ik}}{\sin B_k \cos B_i - \cos B_k \sin B_i \cos L_{ik}};$$

$$Q_{ik} = \frac{e^2 \cos B_i (W_k \sin B_i - W_i \sin B_k)}{W_i (\sin B_k \cos B_i - \cos B_k \sin B_i \cos L_{ik})}.$$

Используя эту формулу, Ф.А. Слудский предложил осуществлять передачу геодезических координат на поверхности единичного сфероида (его большая полуось равна единице) путем решения системы двух тригонометрических уравнений (1). Второе уравнение составляется для пунктов j и k . Два таких уравнения предлагалось решать методом итераций, что практически оказалось неприемлемым.

В 1969 г. в статье «Азимутальная засечка на сфероиде» [2] в системе геоцентрических прямоугольных координат *единичного сфероида* [1] дано решение задачи, поставленной Ф.А. Слудским. Математическая модель засечки (рисунок) описывается следующей системой трех векторных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} &\text{уравнение сфероида} - \bar{\rho}^2 + e'^2 z^2 - 1 = 0 \\ &\text{уравнение нормальной плоскости, прямой в } P_1, - (\bar{\rho} - \bar{\rho}_1) \cdot \bar{q}_1 = 0 \\ &\text{уравнение нормальной плоскости, прямой в } P_2, - (\bar{\rho} - \bar{\rho}_2) \cdot \bar{q}_2 = 0 \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

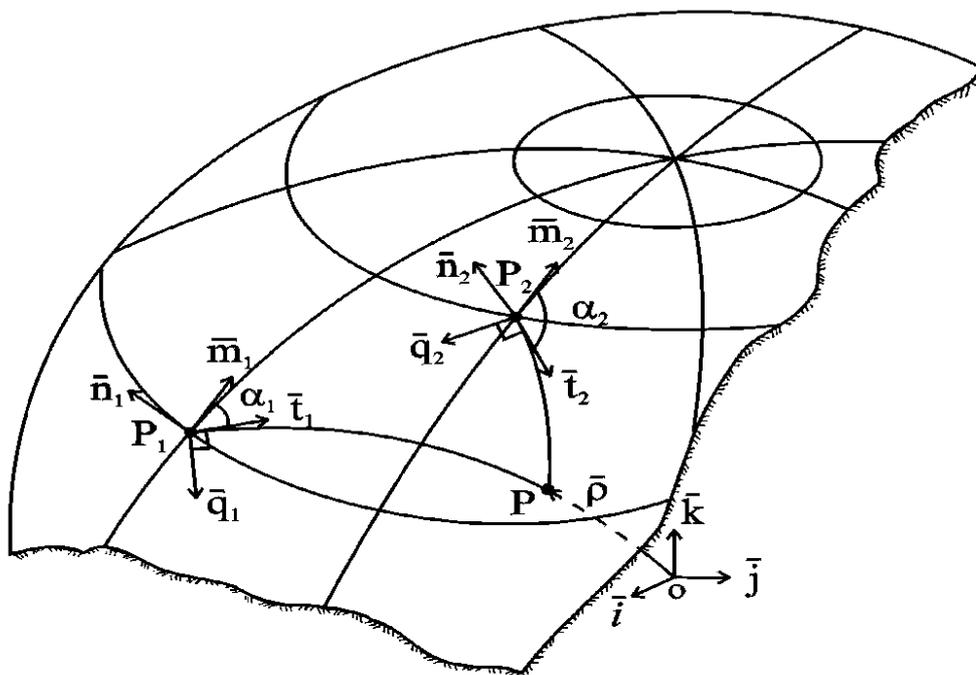


Рис. Азимутальная засечка на сфероиде

Из решения уравнений (2) в координатной форме находятся компоненты радиус-вектора $\bar{\rho}$ определяемой точки P. Решение реализуется в системе безразмерных геоцентрических прямоугольных координат единичного сфероида x, y, z , которая связана с его геодезическими координатами B, L следующими соотношениями [1]:

$$\left. \begin{aligned} x &= (1/W) \cdot \cos B \cdot \cos L \\ y &= (1/W) \cdot \cos B \cdot \sin L \\ z &= ((1 - e^2)/W) \cdot \sin B \end{aligned} \right\} . \quad (3)$$

Здесь W – первая функция широты, дополнительно выраженная через аппликату z :

$$W = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B} = 1 / \sqrt{1 + e^2 \varepsilon^2 z^2} .$$

В уравнениях (2) и (3) обозначено:

$\varepsilon = 1 + e'^2$ – функция второго эксцентриситета сфероида;

$\bar{\rho} = x \cdot \bar{i} + y \cdot \bar{j} + z \cdot \bar{k}$ – радиус-вектор точки на сфероиде;

$\bar{q}_s = u_s \cdot \bar{i} + v_s \cdot \bar{j} + w_s \cdot \bar{k}$ – вектор, перпендикулярный плоскости нормального сечения, прямого в точке P_s ($s = 1, 2$).

Ниже приводятся два варианта формул для вычисления компонентов вектора \bar{q} :

В.А. Падве [4]

$$\left. \begin{aligned} u &= -y \cdot \cos \alpha + x \cdot \varepsilon z \cdot W \cdot \sin \alpha \\ v &= x \cdot \cos \alpha + y \cdot \varepsilon z \cdot W \cdot \sin \alpha \\ w &= -(x^2 + y^2) \cdot W \cdot \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

и А. Бьерхаммара [3]:

$$\left. \begin{aligned} u &= \sin B \cos L \sin \alpha - \sin L \cos \alpha \\ v &= \sin B \sin L \sin \alpha + \cos L \cos \alpha \\ w &= -\cos B \sin \alpha \end{aligned} \right\} . \quad (5)$$

В первом случае модуль вектора \bar{q}_s переменен и равен радиусу параллели, что ограничивает использование формул (4) в высоких широтах. Во втором случае его модуль постоянен и тождественно равен единице.

Свободный член $d_s = \bar{\rho}_s \cdot \bar{q}_s$ уравнения плоскости прямого нормального сечения может быть выражен через геодезическую широту B_s и азимут α_s этого сечения в точке P_s [4]:

$$d_s = \frac{e^2 \cdot \sin 2B_s \cdot \sin \alpha_s}{2W_s}.$$

Таким образом, координатная форма азимутальной засечки (2) принимает следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} x^2 + y^2 + \varepsilon \cdot z^2 - 1 &= 0 \\ x \cdot u_1 + y \cdot v_1 + z \cdot w_1 + d_1 &= 0 \\ x \cdot u_2 + y \cdot v_2 + z \cdot w_2 + d_2 &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

Геоцентрические координаты определяемой точки находят из решения системы (6) [4]:

$$\left. \begin{aligned} z &= -S \pm \sqrt{S^2 - T} \\ x &= Az + B \\ y &= Cz + D \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

Положительная аппликата z в первом уравнении системы (7) соответствует северному полушарию, а отрицательная – южному.

Величины A, B, C, D, S и T – это функции коэффициентов и свободных членов уравнений (6):

$$A = \frac{v_1 w_2 - v_2 w_1}{\Delta}; \quad B = \frac{d_1 v_2 - d_2 v_1}{\Delta}; \quad (8)$$

$$C = \frac{w_1 u_2 - w_2 u_1}{\Delta}; \quad D = \frac{u_1 d_2 - u_2 d_1}{\Delta}; \quad (9)$$

$$\Delta = u_1 v_2 - u_2 v_1; \quad (10)$$

$$S = \frac{AB + CD}{\varepsilon + A^2 + C^2}; \quad T = \frac{B^2 + D^2 - 1}{\varepsilon + A^2 + C^2}. \quad (11)$$

Найденные по формулам (7) прямоугольные геоцентрические координаты x, y, z могут быть преобразованы в геодезические:

$$\left. \begin{aligned} B &= \text{arctg}(\varepsilon z / \sqrt{x^2 + y^2}) \\ L &= \text{arctg}(y / x) \end{aligned} \right\}. \quad (12)$$

Ниже приводится числовой пример в сокращенном варианте для случая задания координат исходных точек в системе геодезических координат B и L .

Дано: $B_1 = 50^\circ$; $B_2 = 55^\circ$; Эллипсоид Ф.Н. Красовского
 $L_1 = 60^\circ$; $L_2 = 70^\circ$; $\varepsilon = 1,0067\ 3852\ 5415$
 $\alpha_1 = 110^\circ$; $\alpha_2 = 165^\circ$.

Решение: $u_1 = 0,6561\ 2129$; $u_2 = 0,9801\ 8580$; }
 $v_1 = 0,4523\ 9512$; $v_2 = -0,1311\ 3984$; } Компоненты
 $w_1 = -0,6040\ 2277$; $w_2 = -0,1484\ 5251$; } ортов \bar{q}_s
 $d_1 = 0,0031\ 0320$; $d_2 = 0,0008\ 1579$; }
 $\Delta = -0,5294\ 7491$;

$A = 0,2764\ 4490$ } Вспомогательные } Коэффициенты
 $B = 0,0014\ 6563$ } вычисления } квадратного
 $C = 0,9342\ 3066$ } $S = 0,0024\ 6821$ } уравнения
 $D = 0,0047\ 3386$ } $T = -0,511\ 24868$ }

$x = 0,1984\ 4716$ } Геоцентрические } $B = 45^\circ 44' 06,79''$ } Геодезические
 $y = 0,6704\ 2236$ } координаты } $L = 73^\circ 30' 39,88''$ } координаты Р
 $z = 0,7125\ 5261$ } точки Р }

Рассмотренная технология координатизации поверхности эллипсоида вращения по нормальным сечениям решает поставленную задачу в замкнутых элементарных функциях и не зависит от расстояния.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Слудский Ф.А. Избранные геодезические труды. – М.: Недра, 1967. – С. 71–72.
2. Падве В.А. Азимутальная засечка на сфероиде // Изв. вузов. Геодезия и аэрофото-съемка. – 1969. – № 3. – С. 65–68.
3. Vjerhammar A. On the principal geometrical problems of geodesy // Kgl. tekn. högskolans handl. – 1961. – № 170.
4. Падве В.А. Некоторые виды засечек на поверхности эллипсоида // Труды НИИГАиК. – 1972. – XXVI. – С 217–224.

Получено 03.02.2012

© В.А. Падве, 2012

УДК 528:629.783

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГНСС ДЛЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА СООРУЖЕНИЙ

Джоел ван Кроненброк

Leica Geosystems, Швейцария, e-mail: joel.vancranenbroeck@leica-geosystems.com

В статье рассматривается новая концепция мониторинга деформации методом кинематики в режиме реального времени (RTK) с использованием ГНСС. Представлены результаты мониторинга деформации набережной в Гонконге, которые демонстрируют эффективность службы ГНСС сети в режиме реального времени с использованием одночастотных приемников ГНСС в регионе, где влияние ионосферной рефракции является значительным и непредсказуемым.

Ключевые слова: GLONASS, GPS, централизованная обработка, RTK (режим реального времени), поправки сети ГНСС.

GNSS-TECHNOLOGIES APPLICATION FOR STRUCTURAL DEFORMATION MONITORING

Joël Van Cranenbroeck

Leica Geosystems AG, Switzerland, e-mail: joel.vancranenbroeck@leica-geosystems.com

This article discusses the new concept of monitoring by the kinematics of deformation in real time (RTK) with the use of GNSS. The results of monitoring deformation waterfront in Hong Kong, which demonstrate the effectiveness of the service network of GNSS real-time single-frequency receivers using GNSS in the region, where the influence of ionospheric refraction is significant and unpredictable.

Key words: GLONASS, GPS, Centralized Processing, RTK, GNSS Network corrections.

1. BACKGROUND

To achieve high GNSS-RTK accuracy in monitoring projects, the baselines between the reference station(s) and the monitoring receivers are kept as shorter as possible. However, there is always the challenge that the reference station(s) could be inadvertently installed in the deformation area itself (in the case of volcanoes, dam or building monitoring), or the signals tracked by the GNSS antennas are obstructed by the structure itself (as is the case for bridges and buildings).

In this paper, a new deformation monitoring concept that uses GNSS Network RTK principles will be described. Test results from sea wall monitoring in Hong Kong will be presented to demonstrate the superior results of this implementation of the GNSS Network RTK service, using single-frequency GNSS receivers, in a region where the ionospheric refraction effects are large and unpredictable. A GNSS Network RTK service has been installed some years ago by the Hong Kong Lands Department – consisting of a network of dual-frequency GPS conti-

uously operating reference stations (CORS) and associated network processing software. An idea developed by Chris Rizos (University New South Wales, Sydney Australia) about ten years ago to combine a GPS CORS network with several low cost, single-frequency receivers (GPS L1-only) in Indonesia for volcano monitoring has encouraged the execution of a pilot project in Hong Kong. A combination of a sub-set of the Hong Kong GNSS CORS network (a so-called “cluster”) and single-frequency GPS receivers was used to evaluate how the ionospheric delay errors could be mitigated in an application of GNSS Network RTK for sea wall structural monitoring.

The first results are indeed very promising and the comparison between single-base GNSS-RTK and the one obtained by using the GNSS Network RTK corrections suggests a new and improved approach for GNSS-RTK monitoring.

1.1 Single-base GNSS-RTK for Structural Monitoring

The standard mode of precise *differential* positioning is for one reference receiver to be located at a reference station whose coordinates are known, while the second receiver's coordinates are determined relative to this reference receiver. The use of carrier phase data in real-time, single baseline mode (one reference station and one rover or user receiver's coordinates to be determined in a *relative* sense) – also known as “*single-base*” mode – is now commonplace. These systems are also referred to as RTK systems (“real-time-kinematic”), and make feasible the use of GLONASS and GPS/GNSS-RTK for many *time-critical* applications such as engineering surveying, GLONASS and GPS/GNSS-guided earthworks/excavations, machine control and structural monitoring applications. Over the last decade and a half the use of GPS (and now GLONASS and GNSS) for structural monitoring, of dams, bridges, buildings and other civil structures, has grown considerably (see Ogaja et al., 2007, for a recent review), and nowadays the GNSS-RTK technique is widely used around the world. Such systems output continuous streams of coordinate results (or time series). The dynamics of the structure typically defines the nature of the coordinate analysis. For example, if a structure vibrates or deflects due to wind or surface loading the time series analysis is conducted in the frequency domain (see, e.g., Li et al., 2007), otherwise standard geodetic deformation monitoring techniques based on advanced network least squares analysis are used (Ogaja et al., 2007).

However, the limitation of single-base RTK is the distance between reference receiver and the rover receiver due to distance-dependent biases such as orbit error, and ionospheric and tropospheric signal refraction. This has restricted the inter-receiver distance to 10km or less (depending upon the latitude). However in low latitude regions the ionospheric variability is so high that the use of single-base GNSS-RTK over short baselines may not even be possible in the local afternoon period. Yet in the case of short baselines there is a risk that the GNSS reference station could be located in the area that is subject to deformation. Furthermore, the object itself may

cause signal refraction and in the worst case reduced signal availability impacting on the geometry (GDOP) of the solution. Some of these problems can be addressed using techniques where the GNSS reference station(s) are located as far away from the monitoring points as possible without being influenced too greatly by residual (double-differenced) atmospheric biases.

GNSS Network-RTK (N-RTK) is a centimetre-accuracy, real-time, carrier phase-based positioning technique capable of operating over inter-receiver distances up to many tens of kilometres (the distance between a rover and the closest reference station receiver) with equivalent performance to single-base RTK systems (operating over much shorter baselines). The reference stations must be deployed in a dense enough pattern to model distance-dependent errors to such an accuracy that residual double-differenced carrier phase observable errors can be ignored in the context of rapid ambiguity resolution. N-RTK is therefore the logical outcome of the continuous search for a GPS/GNSS positioning technique that challenges the current constraints of single-base, cm-accuracy, high productivity, carrier phase-based positioning.

1.2 GNSS N-RTK for Structural Monitoring

All GNSS-based positioning techniques operate under a set of *constraints* (Rizos, 2002). These constraints may be baseline length, attainable accuracy, assured reliability, geometrical strength, signal availability, time-to-solution, instrumentation, operational modes, cost, and so on. GNSS product designers must develop systems (comprising hardware, software and field procedures) that are optimised for a certain target market, by addressing only those constraints that are crucial to the most common user scenarios. For example, single-base RTK systems are capable of high performance when measured in terms of accuracy, time-to-solution (i.e. speed of ambiguity resolution after signal interruption), utility (due to the generation of real-time solutions), flexibility (being able to be used in static and kinematic applications), ease-of-use, autonomy (operate their own reference station), and cost-effectiveness. However, the 10km baseline (or less in low latitude regions) constraint, the increasing availability of GNSS CORS networks (no need to operate their own), and the desire to use lower cost (i.e. single-frequency) user receiver hardware means that engineers are looking to alternative, more efficient GNSS-RTK based techniques for structural monitoring applications. See Rizos (2007) for discussion on the impact of the worldwide expansion of CORS networks on high accuracy GNSS users.

GNSS N-RTK is a technique that takes advantage of a network of permanently installed CORS streaming in real-time their raw observations to a central computing facility. Due to the more sophisticated modeling of residual spatially-correlated biases (due to atmospheric refraction of GNSS signals), the distances between CORS stations may be relaxed to many tens of kilometers (well beyond the baseline constraints of single-base GNSS-RTK). Hence the economics of operating CORS net-

works is significantly improved when N-RTK services are provided (Rizos & Cranenbroeck, 2006). There are a number of implementations of N-RTK – the commonest are VRS (Virtual Reference Station) and FKP (in German *Flächenkorrekturparameter*) – which involve processing of CORS network data in order to generate empirical ‘correction’ data (to principally account for the un-modelled residual double-differenced atmospheric biases) that are transmitted to users in RTCM-type messages (see, e.g. Heo et al., 2009). Alternative modes such as MAC (Master-Auxiliary Concept) place some of the burden of N-RTK processing on the user’s receiver (Janssen, 2009).

In the case of structural monitoring the CORS need to be located on very stable sites and the coordinates of the antenna phase centre for each CORS are determined with a relative accuracy of few millimeters. If monitoring over a long period of time, due regard must also be taken of reference frame stability – something beyond the scope of this paper. Another distinguishing characteristic of most structural monitoring applications is that the continuous streams of 3D coordinates are needed at a monitoring centre, not at the monitoring sites’ receivers. Hence other modes of N-RTK, such as *reverse* or *server side* N-RTK may be more appropriate (Lim & Rizos, 2008; Rizos, 2007). In the pilot project described in this paper the monitoring receivers deployed over the deformation area stream their observations to a PC server running the GNSS N-RTK modeling software, to generate N-RTK corrections in real-time, and integrated as Master Auxiliary or Virtual Reference stations in the processing.

Because of the advantages that a GNSS N-RTK approach to structural monitoring can offer, there is increasing worldwide interest in positioning infrastructure – national and regional CORS networks. Then the focus of the monitoring project becomes the deployment of a sufficient number of receivers at monitoring points to derive detailed enough deformation signals to help structural engineers determine whether the structure is responding to loads within design specifications, or whether the structure has suffered serious damage. While the use of installed CORS infrastructure makes GNSS more attractive for structural monitoring, the high cost of dual-frequency receivers is still a constraint to a massive expansion in the number of monitoring receivers on a project. How can the cost of GNSS monitoring be driven down even further? The use of low cost GPS L1-only monitoring receivers was proposed by several of the first author’s (Chris Rizos) graduate students almost ten years ago, see, e.g., Chen (2001), Roberts (2002).

1.3 Mixed-mode GNSS for Structural Monitoring

Data from single-frequency GNSS receivers cannot be corrected for ionospheric delay, as is the case with dual-frequency data. Therefore a *combination* of single- and dual-frequency instrumentation in a *mixed-mode network* could, in principle, ensure high accuracy coordinate results using a large number of receivers deployed across a region experiencing deformation, while keeping GNSS hardware costs as low as pos-

sible. Such an approach was used to develop a monitoring system for Indonesian volcanoes, as described in Janssen & Rizos (2003), and papers cited therein. This is possible by augmenting the single-frequency receivers with a small number of dual-frequency receivers surrounding the zone of deformation. The primary function of this *outer* network is to generate empirical ‘correction’ terms to the double-differenced phase observables within the deformation monitoring network. This mixed-mode methodology can in fact be implemented in real-time using a cluster of CORS – that have their raw observations processed using GNSS N-RTK software to generate 2D spatial models for residual tropospheric and ionospheric biases. These models then can be used to correct the monitoring receivers’ single-frequency data, either by software in the monitoring receiver itself (standard N-RTK approach) or at the monitor centre if the reverse N-RTK approach is used (Rizos, 2007; Rizos & Cranenbroeck, 2006).

2. PILOT PROJECT IN HONG KONG

For demonstrating the benefits of the GNSS technology described in section 1 for monitoring sea walls a pilot project in Hong Kong was setup by an engineering company (Fig. 1). They used equipment and software developed and delivered by Leica Geosystems.



Figure 1: GPS monitoring antenna installed on a sea wall in Hong Kong

The Leica GPS GMX902 dual-frequency monitoring receiver and the Leica GNSS AX1202 antenna have been installed with power supply and the communication equipment in an all-weather instrument cabinet (Fig. 2).



Figure 2: GPS receiver Leica GMX902 with power supply and communication interface

The CORS data were provided as a service by the Hong Kong Lands Department, by their Hong Kong Satellite Positioning Reference Station Network (Fig. 3).

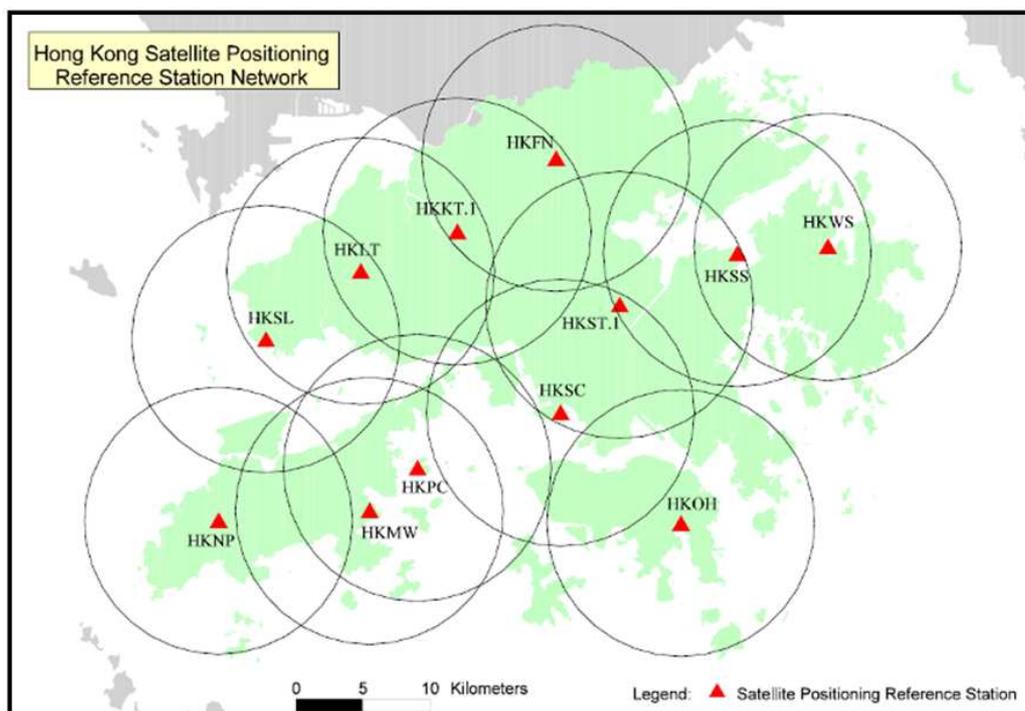


Figure 3: The Hong Kong Satellite Positioning Reference Station Network.

The processing of the real-time data was carried out by the centralised RTK processing software, Leica GNSS Spider Positioning. Initially this was performed using the single-base GNSS-RTK approach (Fig. 4).

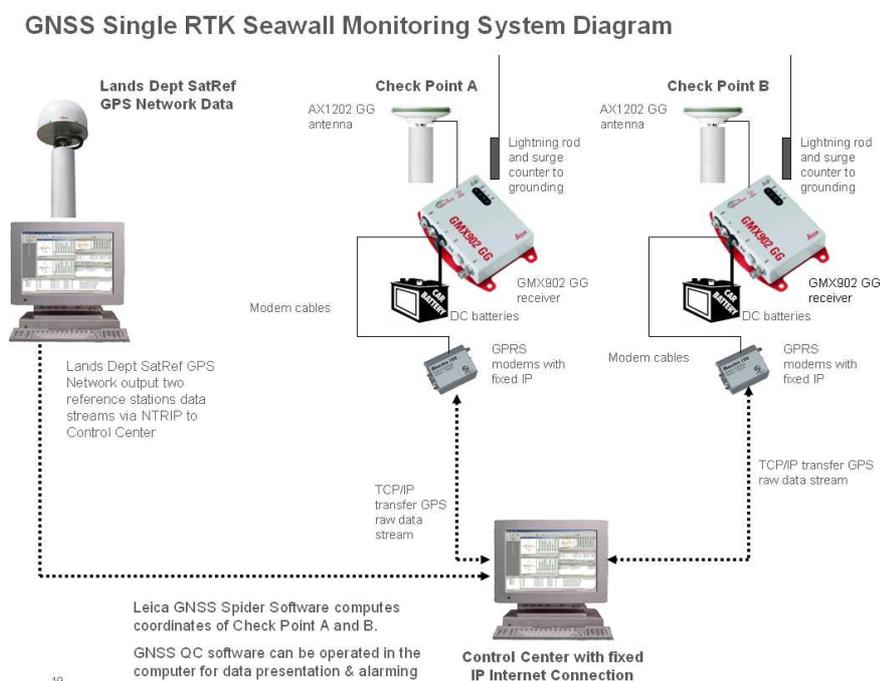


Figure 4: GNSS single-base RTK system architecture

It appeared, however, quite clearly that in the local afternoon period, but also randomly sometimes throughout the day, sudden jumps occurred in the coordinate time series (Easting, Northing and Height), making reliable structural monitoring difficult or even impossible. It should be noted that the standard noise-like variation in GNSS-RTK time series are something users have to cope with via some form of smoothing and filtering. However, in this case the outliers were due to large biases resulting from extreme and highly variable ionospheric conditions.

After a meeting with the engineering company, who reported similar phenomena in other monitoring projects in Hong Kong, the authors approached the Hong Kong Lands Department and requested their assistance in delivering the real-time data streams of several CORS located in and around the monitoring project. Leica GNSS SPIDER NET software was installed with the necessary options to process the CORS network cluster and to redirect the RTK network corrections as observations for one of the closest reference station located nearby the monitoring receivers (see Fig. 5). That reference station acted as a MAX station (RTCM v3.n Master-Auxiliary Concept, via Master-Auxiliary Corrections, or MAX – Heo et al., 2009) in the Leica Spider site server. It should be emphasized however that any other reference station participating to that cluster could have been selected without affecting the results.

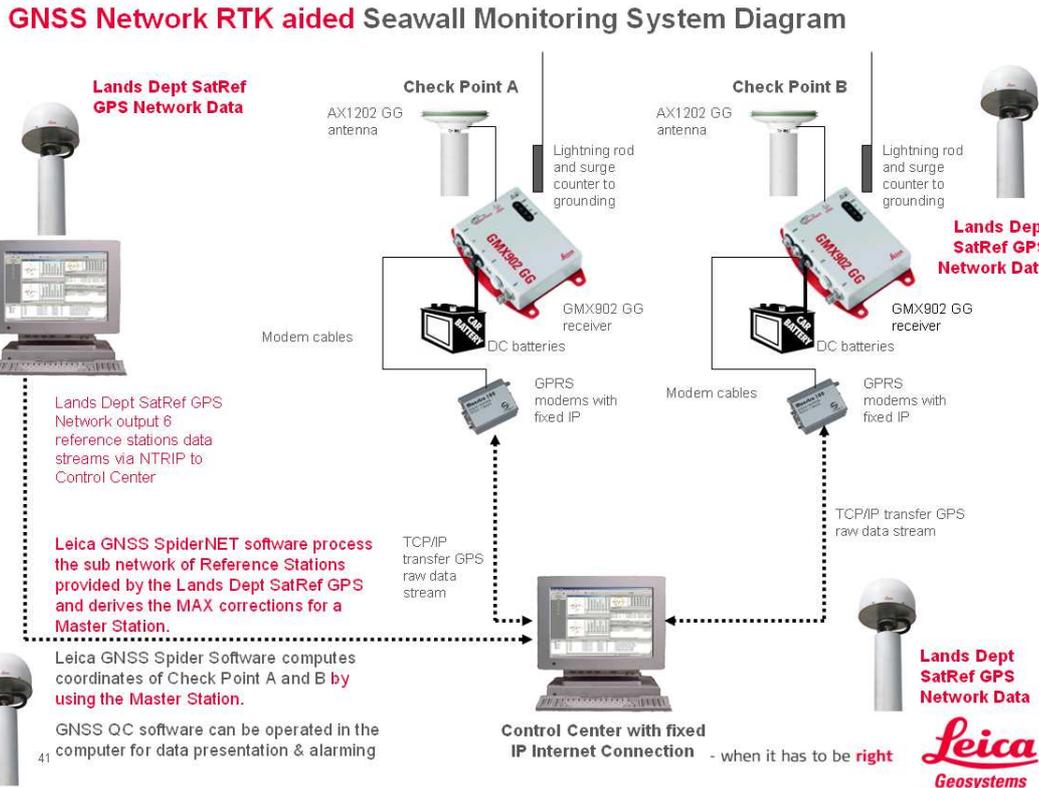


Figure 5: GNSS Network-RTK system architecture

Comparison was made between the “standard” single-base GNSS-RTK solution (Figure 4) and the GNSS N-RTK solution (Figure 5), in 2D and in height, using the Leica GNSS QC software. The plots (Figures 6 & 7) show clearly that the GNSS N-RTK corrections dramatically improved the results. Note that the 2D and height plot scales are different – each horizontal line is 1cm and 5cm respectively. Apart from occasional outliers, the variability is less than 2cm for horizontal components and less than 5cm for the height component. The results presented here are not filtered or smoothed, as they were just the output in the NMEA format of the baselines solutions computed by the Leica GNSS Spider Site server – positioning option. (A recursive low band pass filter – Exponential Weighted Moving Average – could now be applied on these unbiased N-RTK generated results in order to deliver a few millimeters accuracy, and in real-time.)

At the same time, in order to verify whether single-frequency GPS L1-only receivers could also benefit from the GNSS N-RTK, it was decided to simultaneously process the different baselines using only the GPS L1 frequency observations. The “Quasi-Static” method of initialization was used to perform fast L1 RTK. The results were even more impressive in terms of initialization (ambiguity resolution) and accuracy (Figures 8 & 9). Note that the 2D and height plot scales are different – each horizontal line is 1cm and 5cm respectively. Apart from occasional outliers, the quality of the time series is very similar to that in Figure 6 & 7, computed using higher cost dual-frequency monitoring receivers, i.e. the variability is less than 2cm for horizontal components and less than 5cm for the height component.

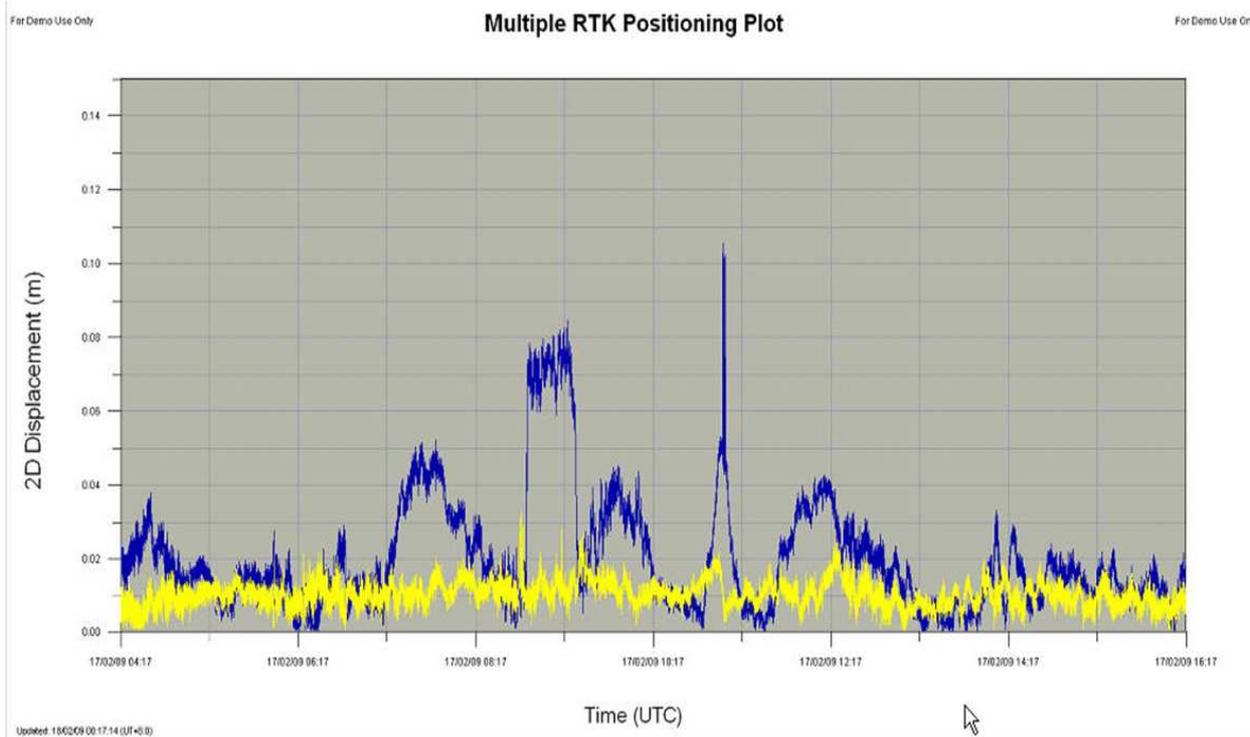


Figure 6: Comparison of RTK positioning *2D* results –the blue line is the single-base RTK solution and the yellow line is the N-RTK solution (each horizontal line is 1cm).

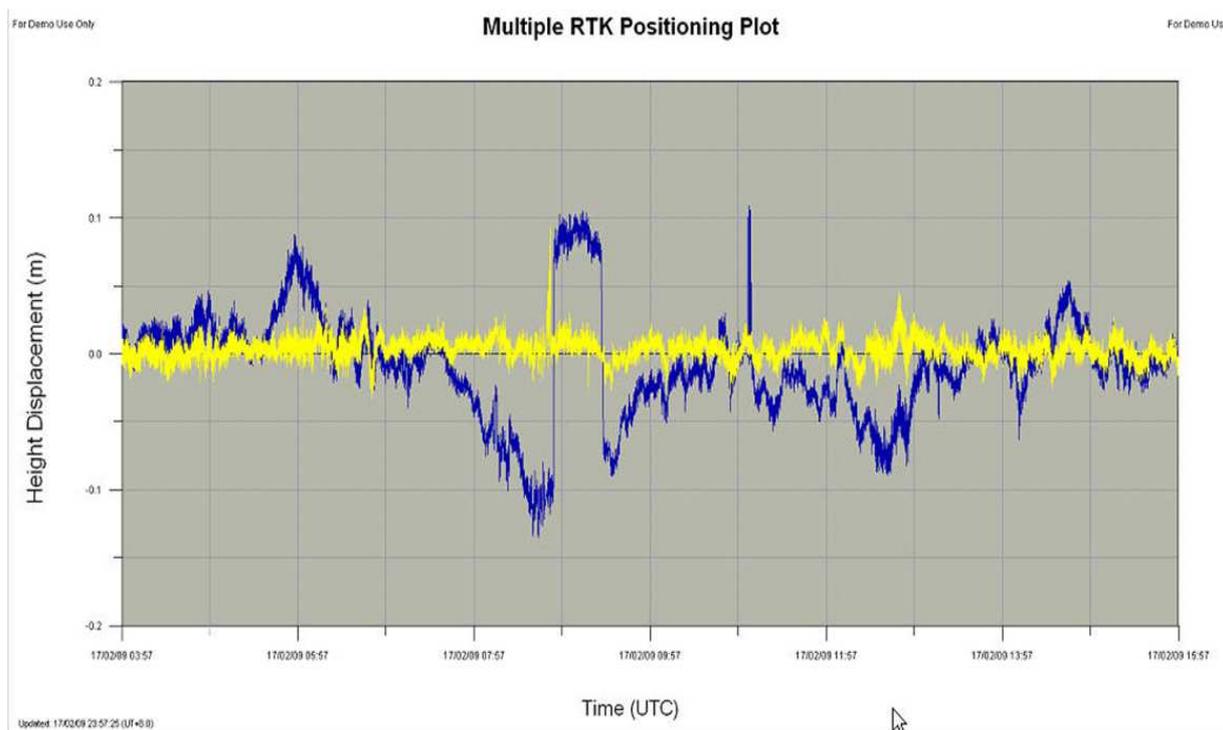


Figure 7: Comparison of RTK positioning *height* results – the blue line is the single-base RTK solution and the yellow line is the N-RTK solution (each horizontal line is 5cm).

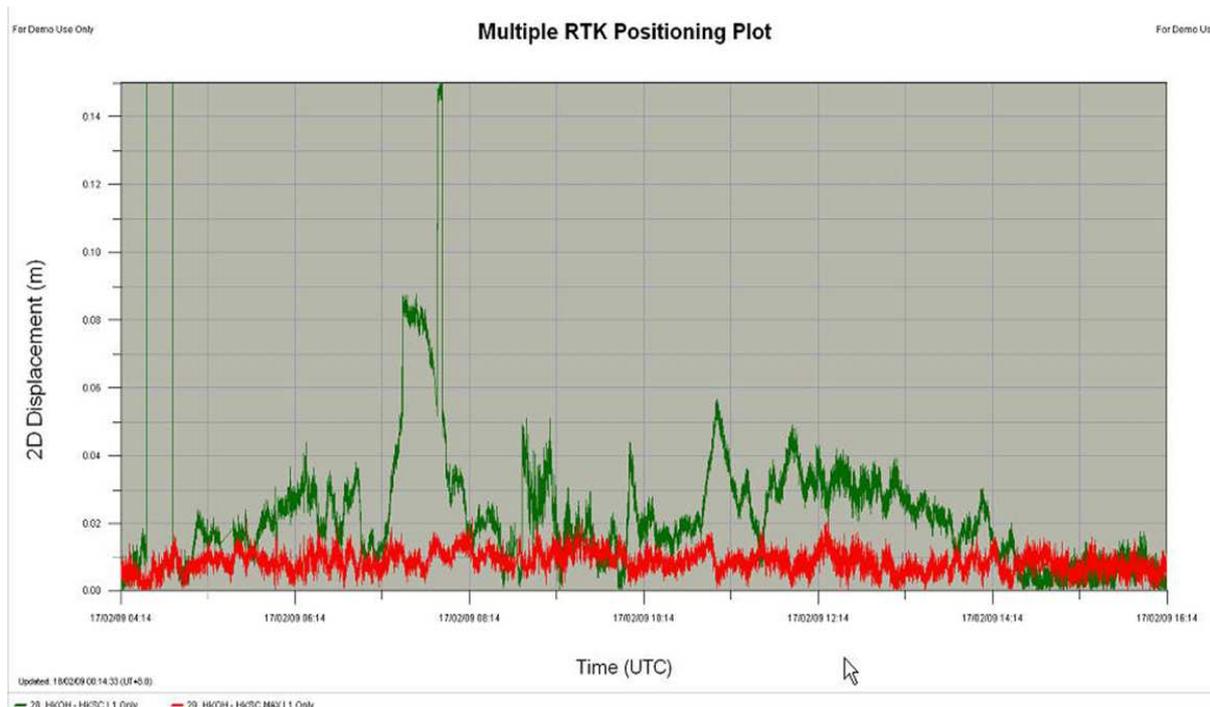


Figure 8: Comparison of RTK positioning *2D* results – the green line is the single-base RTK L1-only solution and the red line is the N-RTK L1-only solution (each horizontal line is 1cm).

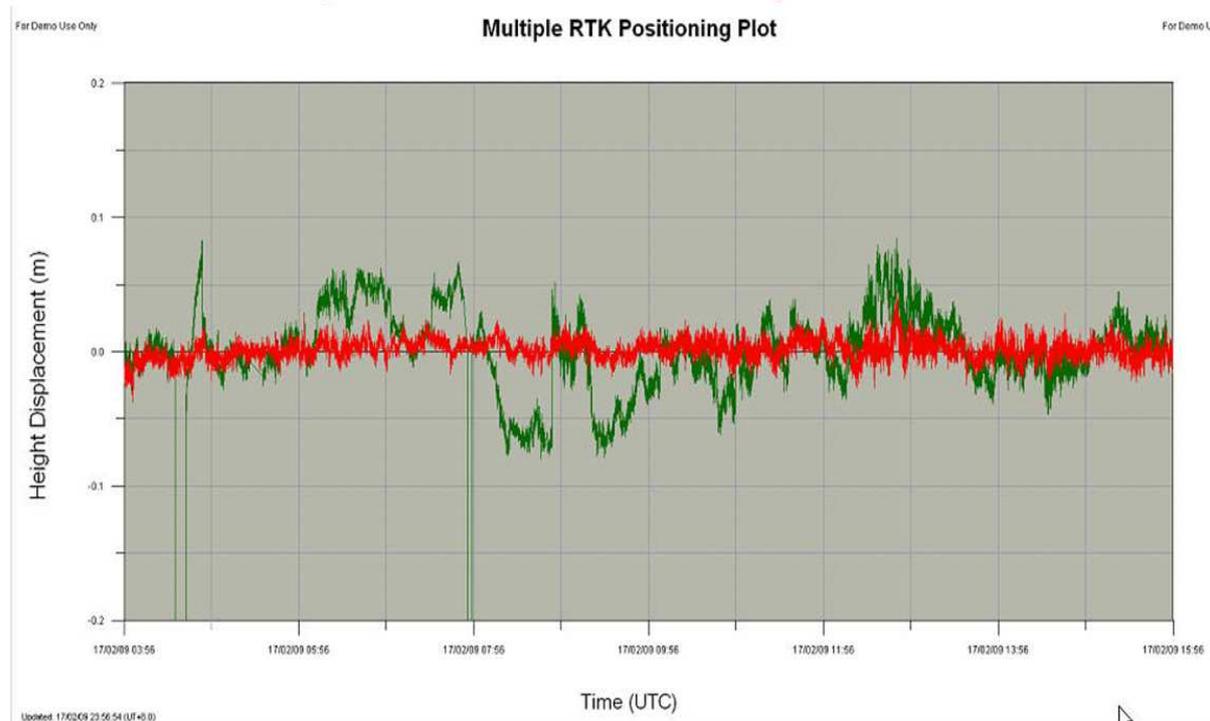


Figure 9: Comparison of RTK positioning *height* results – the green line is the single-base RTK L1-only solution and the red line is the N-RTK L1-only solution (each horizontal line is 5cm).

3. CONCLUDING REMARKS

The results presented here of a sea wall monitoring project in Hong Kong demonstrate that the combination of GPS Network RTK resources (CORS network and Network RTK modeling software) delivers outstanding advantages, such as maximum (unbiased) accuracy and reliability. The following summary comments can be made with regard to the GNSS N-RTK based monitoring technique:

- Better control over the operations and the results by taking advantage of installed CORS infrastructure.
- Reliable time series solutions for projects located in low latitude regions where the ionospheric turbulences severely affect signal and data processing.
- The possibility to mix dual-frequency receivers (GNSS CORS) with affordable single-frequency receivers for slow deformation motion monitoring.
- No need for subsequent networked baselines adjustment.
- No need to establish single CORS in urban areas (obstructions) for high rise building or long bridge monitoring projects.

Although implemented for a trial in Hong Kong, the authors believe that with the return of high solar cycle activity the proposed mixed-mode solution strategy could find application in many other places than only those currently exposed to severe ionospheric disturbances (i.e. low latitude regions).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to express their gratitude to Simon Kwok, director of the Geodetic Department of the Hong Kong Lands Department Administration, for his support during this trial.

REFERENCES

- CHEN, H.Y. (2001), *A Study on Real-Time Medium-Range Carrier Phase-Based GPS Multiple Reference Stations*, UNISURV S-64, School of Surveying & Spatial Information Systems, The University of New South Wales, Sydney, Australia, 182pp, ISBN 0 7334 1872 2.
- ROBERTS, C.A. (2002), *A Continuous Low-Cost GPS-Based Volcano Deformation Monitoring System in Indonesia*, UNISURV S-73, School of Surveying & Spatial Information Systems, The University of New South Wales, Sydney, Australia, 271pp, ISBN 0 7334 1976 3.
- HEO, Y., YAN, T., LIM, S., & RIZOS, C. (2009), International standard GNSS real-time data formats and protocols, *IGNSS Symp. 2009*, Gold Coast, Australia, 1-3 December, CD-ROM procs.
- JANSSEN, V. (2009), New ways to Network RTK, *Position*, 41, June-July issue.
- JANSSEN, V., & RIZOS, C. (2003), Processing mixed-mode GPS network processing approach for deformation monitoring applications, *Survey Review*, 37(287), 2-19.
- LI, X., RIZOS, C., GE, L., & AMBIKAIKAJAH, E. (2007), Application of 3D time-frequency analysis in monitoring full-scale structural response, *Journal of Geospatial Engineering*, 8(1-2), 41-51.

LIM, S., & RIZOS, C. (2008), A conceptual framework for server-based GNSS operations, *Journal of GPS*, 7(2), 35-42.

OGAJA, C., LI, X., & RIZOS, C. (2007), Advances in structural monitoring with Global Positioning System technology: 1997-2006, *Journal of Applied Geodesy*, 1(3), 171-179.

RIZOS, C. (2002), Network RTK research and implementation: A geodetic perspective, *Journal of Global Positioning Systems*, 1(2), 144-150.

RIZOS, C. (2007), Alternatives to current GPS-RTK services & some implications for CORS infrastructure and operations, *GPS Solutions*, 11(3), 151-158.

RIZOS, C., & CRANENBROECK, J.van (2006), Alternatives to current GPS-RTK services, *19th Int. Tech. Meeting of the Satellite Division of the U.S. Inst. of Navigation*, Fort Worth, Texas, 26-29 September, 1219-1225.

BIOGRAPHICAL NOTES

Joël van Cranenbroeck is currently International Project Director for Geodetic Monitoring Services at Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland. He has led the development of hardware and software solutions for GNSS Network-RTK since 2001 and has made significant contributions in geodetic monitoring development and applications such as the method for aligning high rise structures (such as the Burj Dubai). Joel is Chair of Working Group 6.2 in FIG Commission 6, was awarded in 2009 the title of Honored Lecturer of the Siberian State Academy of Geodesy in Novosibirsk, and is senior scientist consultant for two universities in Belgium. He has designed numerous projects for structural monitoring applications such as bridges, dams, tunnels, etc. He worked at the Belgian Cadastre organization, at the Geodetic Department of the Belgian National Geographical Institute and in Star Informatic – a GIS software based Belgian company – before becoming the Leica Geosystems representative in Belgium in 1993.

CONTACTS

Joël van Cranenbroeck
International Project Director for Geodetic Monitoring Services
Leica Geosystems AG
Switzerland
Heinrich Wild Strasse,
CH-9435 Heerbrugg
SWITZERLAND
Tel. +32-474-98 61 93
Email: joel.vancranenbroeck@leica-geosystems.com
Web site: www.leica-geosystems.com

Получено 24.01.2012

© J. Van Cranenbroeck, 2012

УДК 519.2:528.1

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЗУЛЬТАТОВ ДВУХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА РАЗНОСТЕЙ ПОВТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Наталья Борисовна Лесных

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, профессор кафедры прикладной информатики СГГА, тел. (383)343-18-53

Владимир Евгеньевич Мизин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, старший преподаватель кафедры геодезии СГГА, тел. (383)344-36-60, e-mail: ssga221@mail.ru

Исследована эффективность вероятностно-статистического анализа разностей повторных наблюдений сторон полигонометрического хода для выявления смещений пунктов геодезической основы при мониторинге линейных объектов. Выполнено сравнение с результатами корреляционного анализа тех же разностей.

Ключевые слова: мониторинг, смещения, анализ, разности, критерий, статистика.

THE COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF RESULTS OF TWO STATISTICAL METHODS OF THE ANALYSIS OF DIFFERENCES OF REPEATED MEASUREMENTS

Natalya B. Lesnykh

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, St., Prof. Department of applied information SSGA, tel. (383)343-18-53

Vladimir E. Mizin

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, senior lecturer, Department of geodesy SSGA, tel. (383)344-36-60, e-mail: ssga221@mail.ru

The research of the probability-statistical analysis is presented. It deals with the differences of traverse sides repetitive observations, to reveal displacements of network points in process of linear objects monitoring. The results have been compared with those of the correlation analysis of the same differences.

Key words: monitoring, displacement, analysis, difference, criterion, statistics.

Статистические исследования разностей повторных измерений можно выполнять, используя алгоритмы вероятностно-статистического или корреляционного анализа. Они позволяют установить, носят ли эти разности случайный характер. Результаты вероятностно-статистического анализа разностей моделей случайных ошибок измерений, подтверждающие данный вывод, приводятся в монографии [1]. Результаты корреляционного анализа разностей повторных измерений при мониторинге линейных объектов представлены в работе [2]. Во

втором случае объектами исследования являются и модели, и разности длин сторон реального полигонометрического хода. Разности длин сторон полигонометрического хода в количестве $n = 17$ вычислены по двум парам отстоящих по времени рядов измерений тахеометром фирмы SOKKIA SET 610 со средней квадратической ошибкой измерения $m = 3,4$ мм, полученной по разностям $d(1 - 2)$, и $m = 3,8$ мм – по разностям $d(3 - 4)$.

Для оценки сравнительной эффективности рассматриваемых статистических способов в дополнение к результатам исследования моделей выполнен вероятностно-статистический анализ разностей повторных измерений сторон.

Алгоритм вероятностно-статистического анализа [1] включает определение оценок параметров и числовых характеристик, которые в целях повышения точности результатов вычисляются без группирования данных.

$$\bar{M}_x = \bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n \quad (1)$$

– оценка математического ожидания (среднее арифметическое),

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)} \quad (2)$$

– оценка среднего квадратического отклонения,

$$\bar{\mu}_k = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^k / n \quad (3)$$

– оценка центрального момента k -го порядка,

$$\bar{S} = \bar{\mu}_3 / \bar{\sigma}^3 \quad (4)$$

– оценки асимметрии кривой распределения,

$$\bar{\sigma}_S = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}} \quad (5)$$

– оценка среднего квадратического отклонения асимметрии.

Если $|\bar{S}| \leq t \cdot \bar{\sigma}_S$, асимметрия незначительна, t – аргумент интеграла вероятностей $\Phi(t)$.

$$\bar{E} = \bar{\mu}_4 / \bar{\sigma}^4 - 3 \quad (6)$$

– оценка эксцесса,

$$\bar{\sigma}_E = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n-1)^2(n+3)(n+5)}} \quad (7)$$

– оценка среднего квадратического отклонения эксцесса.

Если $|\bar{E}| \leq t \cdot \bar{\sigma}_E$, эксцесс несущественный.

Соответствие эмпирического и теоретического распределений может быть проверено также критерием Пирсона χ^2 , для чего следует выполнить группирование данных и определение эмпирических \bar{n}_i и теоретических n_i частот.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\bar{n}_i - n_i)^2}{n_i} \quad (8)$$

– статистика критерия Пирсона χ^2 .

Если вероятность достигнутого уровня значимости $P(\chi^2 > \chi^2_{\alpha})$ мала, гипотезу о нормальном распределении следует отклонить. В данном исследовании критерий Пирсона χ^2 не применялся ввиду недостаточно большого объема исходных данных.

Установить наличие систематических ошибок позволяет проверка свойств случайных ошибок измерений, обусловленных нормальным законом их распределения.

1. Случайные ошибки Δ по абсолютной величине с заданной вероятностью p не превосходят определенного предела:

$$p(|\Delta| < \bar{\sigma}) = 0,683; \quad p(|\Delta| < 2 \bar{\sigma}) = 0,954; \quad p(|\Delta| < 3 \bar{\sigma}) = 0,997.$$

2. Положительные и отрицательные случайные ошибки, равные по абсолютной величине, равновозможны:

$$p(\Delta > 0) = p(\Delta < 0) = 0,5.$$

3. Малые по абсолютной величине случайные ошибки встречаются чаще, чем большие:

$$p(\bar{\sigma} < |\Delta| \leq 2 \bar{\sigma}) = 0,271; \quad p(2 \bar{\sigma} < |\Delta| \leq 3 \bar{\sigma}) = 0,043.$$

4. Среднее арифметическое случайных ошибок при возрастании числа наблюдений по вероятности стремится к нулю:

$$\text{Вер. } \lim [\Delta]/n = 0 \text{ при } n \rightarrow \infty.$$

Первые три свойства проверяются критерием равенства вероятностей по формуле

$$P(|k - np| < t\sigma) = \beta, \quad (9)$$

где k – число ошибок в заданном интервале; n – число всех ошибок, подлежащих исследованию; p – теоретическая вероятность попадания ошибки в заданный интервал; $\sigma = \sqrt{npq}$; $q = 1 - p$; $\beta = \Phi(t)$ – доверительная вероятность.

Если неравенство (9) выполняется, можно считать, что данное свойство имеет место, гипотеза не противоречит результатам измерений.

Если $|k - np| > t\sigma$, гипотеза о наличии данного свойства отвергается.

Четвертое свойство проверяется критерием равенства средних. Статистика критерия

$$t_3 = \frac{|\bar{\Delta} - \bar{\Delta}_0|}{\sigma / \sqrt{n}}, \quad (10)$$

где $\bar{\Delta} = [\Delta] / n$ – среднее арифметическое случайных ошибок; $\bar{\Delta}_0 = M_{\Delta} = 0$ – теоретическое среднее, равное математическому ожиданию случайной ошибки измерения.

Длины сторон в рядах наблюдений № 3 и 4, вследствие изменения положения пунктов хода, получили систематические ошибки смещения:

третий ряд измерений $\delta_3^{(i)} = -6$ мм ($i = 2, 3, \dots, 16$), $\delta_3^{(17)} = 6$ мм;

четвертый ряд измерений $\delta_4^{(j)} = -7$ мм ($j = 2, 3, \dots, 16$), $\delta_4^{(17)} = 7$ мм.

Результаты анализа разностей повторных измерений сторон приведены в таблице.

Вычисления произведены в системе Mathcad по программе расчета, описание и образец которой приведены в монографии [1]. Значения функции распределения Стьюдента t заданы встроенной функцией $pt(t, n - 1)$ системы Mathcad. Для двустороннего критерия равенства средних $P(t > t_3) = 2(1 - pt(t, n - 1))$.

Результаты анализа позволяют сделать следующие выводы.

Разности $d(1 - 2)$ случайны и анализ это подтверждает.

Разности $d(3 - 4)$ случайны, ряды измерений № 3 и 4 содержат близкие по своей величине ошибки смещения, которые компенсировались.

Разности $d(1 - 3)$ не случайны: $|\bar{S}| > 2\bar{\sigma}_S$; не выполняется второе свойство случайных ошибок $5,5 > 4,12$; невелика вероятность $P(t > t_3) = 0,01$.

Разности $d(2 - 4)$ не случайны: не выполняется второе свойство случайных ошибок $6,2 > 4,12$; вероятность $P(t > t_3) = 0,004$ – мала.

Разности $d(1 - 4)$, $d(2 - 3)$ не случайны: превышают установленные допуски асимметрия и эксцесс, не выполняются все свойства случайных ошибок для $d(1 - 4)$, второе и четвертое – для $d(2 - 3)$.

Таким образом, вероятностно-статистический анализ позволил правильно установить неслучайный характер четырех рядов разностей повторных измерений.

Результаты статистического анализа

Критерии	Разности d						
	1–2	3–4	1–3	1–4	2–3	2–4	
$\bar{M}(d)$	-0,82	-0,47	5,47	5,00	6,29	5,82	
$\bar{\sigma}$	4,84	5,34	7,88	6,30	7,06	7,12	
\bar{S}	-0,25	-0,27	-1,10	-1,77	-1,05	-0,90	
$2\bar{\sigma}_{\bar{S}}$	1,03						
\bar{E}	-0,46	-0,26	1,46	3,16	3,04	0,86	
$2\bar{\sigma}_{\bar{E}}$	1,74						
$k(d > \bar{\sigma})$	11	12	9	7	9	9	
$k(d > 2\bar{\sigma})$	16	16	15	16	15	16	
$k(d > 3\bar{\sigma})$	17	17	17	17	17	17	
$k(d \geq 0)$	9	10	14	16	16	15	
$ k - np $	1)	0,61	0,39	2,61	4,61	2,61	2,61
		0,21	0,22	1,22	0,22	1,22	0,22
	2)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
		0,5	1,5	5,5	7,5	7,5	6,5
	3)	0,39	0,61	1,39	4,39	1,39	2,39
		0,27	0,27	1,27	0,27	1,27	0,27
$2\sigma = 2\sqrt{npq}$	1) 3,84; 1,73; 0,45; 2) 4,12; 3) 3,67; 1,67						
t_3	0,70	0,36	2,86	3,27	3,68	3,37	
$P(t > t_3)$	0,49	0,72	0,01	0,005	0,002	0,004	

Корреляционный анализ разностей $d(1 - 3)$ и $d(2 - 4)$ систематических влияний не выявил. Оценка коэффициента корреляции $\bar{r} = 0,336$ не превысила длины доверительного интервала $r_2 - r_1 = 0,891$, вычисленного с использованием функции Фишера z при $t = 2$. Тем не менее, ошибка смещения была установлена корреляционным анализом другой пары разностей $d(1 - 4)$, $d(2 - 3)$. В этом случае $\bar{r} = 0,684$ при $r_2 - r_1 = 0,586$.

Корреляционный или вероятностно-статистический анализ разностей отстоящих по времени повторных измерений рекомендуется включать в программу исследований результатов геодезических наблюдений при мониторинге инженерных, в том числе линейных, объектов.

Алгоритм корреляционного анализа проще.

Эффективность вероятностно-статистического анализа, в связи с использованием различных критериев и характеристик, выше.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесных Н.Б. Объекты статистического анализа в геодезии: монография. – Новосибирск: СГГА. – 2010. – 128 с.
2. Мизин В.Е. Корреляционный анализ разностей повторных наблюдений геодезической основы при мониторинге линейных объектов // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 3. – С. 16–18.

Получено 14.02.2012

© Н.Б. Лесных, В.Е. Мизин, 2012

УДК 528 (091); 528 (092)

СИМВОЛ УСТАРЕВШЕЙ ИДЕОЛОГИИ

Георгий Николаевич Тетерин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, профессор кафедры высшей геодезии СГГА, тел. (383)343-29-11, e-mail: teterin-books@yandex.ru

Идеология рассматривается как общий взгляд, устоявшееся представление специалистов о науке. Носителем идеологии являются учебники, справочники, популярная и другая литература. Символом этой идеологии служит определение науки. Утверждается, что существующая идеология и ее символ соответствуют середине XX в. и не отвечают современности. Именно это препятствует развитию геодезии и является первопричиной кризиса.

До тех пор, пока в геодезическом образовании не изменится идеология и символ геодезии, а также структура и организация соответствующего знания, прошлое будет оставаться главным препятствием развития.

Ключевые слова: идеология, парадигма, метод.

SYMBOL OF OUTDATED IDEOLOGY

George N. Teterin

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D., professor of the Department of Geodesy SSGA, tel. (383)343-29-11, e-mail: teterin-books@yandex.ru

The ideology is considered as a general view, the settled representation of experts about a science. The ideology carrier are textbooks, the directories, popular, etc. the literature. As a symbol of this ideology science definition serves. Affirms that the existing ideology and its symbol correspond to middle XX century and don't answer the present. It interferes with development of a geodesy and is a crisis original cause.

Until in geodetic formation the ideology and a geodesy symbol, and also structure and the organization of corresponding knowledge won't change, the past will remain the main obstacle of development.

Key words: ideology, a paradigm, a method.

В каждой исторической эпохе система научных знаний представляется соответствующей парадигмой, совокупностью терминов, понятий, определений и технологий. Эту совокупность можно охарактеризовать, в какой-то мере, как идеологию науки. Более точно идеология, применительно к технической системе знаний, есть совокупность идей, взглядов, представлений о науке. Она по своему содержанию соответствует эпохе, историческому времени. Геодезическая идеология – это, в основном, продукт образовательных систем и основных технологий; ее носителем является учебная, справочная, популярная литература. Каждая историческая эпоха имеет свою идеологию, свой «взгляд» на систему научных и профессиональных знаний. Это в некоей мере есть философия данной системы знаний. С некоторой долей приближения символом, знаком,

знаменем этой идеологии является определение науки. Все отмеченное имеет прямое отношение к геодезии. Ее символом для каждого исторического времени являлись определения, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Определение геодезии

Определения геодезии, авторы	Год появления
1. «Практическая геометрия есть искусство, которое учит на поверхности Земли различными математическими ... инструментами измерять поля, оные исчислять и разделять из определенных мест в равные и в данной пропорции части; разного вида фигуры с Земли на бумагу и с бумаги на Землю сносить, также снимать приступные и неприступные местоположения и высоты и пр.» (С. Назаров)	1772 г.
2. «Практическая геометрия есть искусство назначать и измерять на поверхности Земли прямые линии, углы и всякого рода многоугольники, снимать различные местоположения с Земли и изображать их в уменьшенном и подобном виде на бумаге и пр. Итак, практическая геометрия есть ничто иное, как действительное исполнение геометрических правил в вышеупомянутых случаях» (Г. Сарычев)	1825 г.
3. «Геодезия относится к числу прикладных ... математических наук ... геодезию и называют иногда практическою геометриєю» (С.М. Соловьев)	1914 г.
4. «... что Высшею Геодезиею называется та часть прикладной геометрии ...» (А.П. Болотов)	1836 г.
5. «...постоянно трудясь с 1816 по 1852 гг. измерили геометры трех народов» (надпись на памятниках на концах «Дуги Струве»)	1850-е гг.
6. «Вторая часть Общей Геодезии названа мною Высшей Геодезиею, для отличия от топографической съемки, которую многие писатели называют Низшею Геодезиею» (А.П. Болотов)	1836 г.
7. «Топография имеет предметом подробное изучение земной поверхности в геометрическом отношении» (В. Витковский)	1915 г.
8. «Картография представляет собой отдел геодезии» (Геодезия. Справочное руководство. Под общей редакцией М.Д. Бонч-Бруевича. Том I и VI)	1939, 1949 гг.
9. «Геодезия – наука, изучающая фигуру и размеры Земли и разрабатывающая вопросы создания координатной плановой и высотной основы для детального изучения физической поверхности Земли средствами и методами топографии и картографии» (Б.С. Кузьмин и др.)	1989 г.

Для XVIII в. идеологию геодезии можно именовать практической геометрией. С этим названием выходили учебники с соответствующими определениями науки. Характерно определение практической геометрии, приведенное в учебнике С. Назарова (см. табл. 1). В XIX в. издаются учебники с названием «Геодезия», в которых введена новая структура науки – высшая и низшая геодезия. Характерен учебник А.П. Болотова и его определения (см. табл. 1). Символом низшей геодезии стали определения, приведенные в книгах А. Бика, С.М. Соловьева.

Для 20-го столетия характерным определением стало представление геодезии в виде формулировки, приведенной в топографо-геодезическом словаре-справочнике, издававшемся в 1968, 1973, 1979, 1989 гг. Это определение (Б.С. Кузьмина – см. табл. 1 и статью [1]) вошло во все учебники и научную литературу XX в. и даже начала XXI в.

Определение геодезии, сформировавшееся еще в конце 30-х годов XX в. и общепринятое, стало, по существу, неким символом всей геодезии XX в., отражая некую идеологию существа геодезии, ее понимания как в научном плане, так и в практическом, по крайней мере, применительно к технологическому процессу в геодезической отрасли, возглавлявшейся ГУГК. Именно идеология, выраженная этим определением, стала в какой-то мере основой разрушения целостности традиционного, предметного и исторического понимания геодезии.

В рассматриваемом определении существо геодезии выражено через объект приложения (фигура Земли), продукцию производства (планово-высотную основу) и при помощи двух методов – топографии и картографии. Предметное существо геодезической системы знаний в этой формулировке отсутствует. Присутствует конкретность в перечне объекта продукции и методов. Любой конкретный перечень, касается ли он объектов или методов, всегда ограничен. Кстати, в данном определении не хватает геодезического метода или метода координатизации, с помощью которого создается планово-высотная основа [5].

В основополагающих определениях, являющихся своего рода символом науки, нужен не перечень, а обобщенные термины, названия и т. п., характерные для эпохи, для исторического времени. В определении науки (Б.С. Кузьмина) применяются понятия, характерные для середины XX в. и совершенно не подходящие для XXI в. Поскольку в перечне методов не хватает геодезического, его следовало бы включить в определение, одновременно исключив планово-высотную основу. Но тогда получится тавтология. Именно отсутствие предмета науки в определении Б.С. Кузьмина создает двусмысленность в выражении и понимании существа геодезии. Этот факт предопределил безрезультатность дискуссии в 1970-е гг. по поводу основополагающих понятий геодезии на страницах журнала «Геодезия и картография» [1].

Определение Б.С. Кузьмина не полно, ограничено, некорректно и беспредметно, тем более применительно к XXI в. Это определение фактически является набором наиболее широко использовавшихся в XX в. ключевых слов. Вместе с тем, они не раскрывают предметную сущность геодезии и не характеризуют ее как целостную систему.

Во все исторические времена геодезия занималась определением геометрии объектов и явлений окружающего мира. Именно это составляет ее предметную сущность. Табл. 1 хорошо подтверждает геометрическую первооснову геодезии в прошлом. В табл. 2 [2, 3, 4] даны многовариантные представления геодезии. Эта совокупность определений является примером допустимого многообразия выражений геодезии при сохранении их предметной сущности и возможного уровня обобщенности.

Таблица 2

Таблица определений геодезии и ее ключевых слов

Определения геодезии	Определение ключевых слов и выражений
<p>Геодезия – наука о геометризации и координатизации объектов и явлений окружающего пространства</p> <p>Геодезия – одна из фундаментальных наук о геометрической структуре окружающего пространства</p> <p>Геодезия – система знаний и профессиональной деятельности по геометризации и координатизации</p> <p>Геодезия – это система знаний по определению, представлению и контролю геодезической метрики объектов и явлений окружающего мира (или их структурных элементов) и их выражений в графическом, аналитическом и других видах</p> <p>Геодезия – система знаний и профессиональной деятельности, связанная с измерением, моделированием и контролем метрики объектов и явлений окружающего пространства</p> <p>Предметом геодезии являются пространственные отношения и формы объектов и явлений окружающего мира</p> <p>Предметом геодезии является геодезическая метрика объектов и явлений окружающего пространства.</p>	<p>Геометризация – это представление объектов и явлений окружающего пространства совокупностью точек, линий и поверхностей в графической, аналитической, цифровой, электронной или естественной (вещественной) формах</p> <p>Координатизация – это формирование систем координат и их распространение на окружающее пространство</p> <p>Геометризация – это представление объектов и явлений с помощью структурных элементов</p> <p>Принципы геометризации – это система правил представления объектов и явлений окружающего мира совокупностью точек, линий, поверхностью в какой-либо форме (графической, аналитической и т.д.) в соответствии с геометрией этого пространства, его свойствами и его физическими законами</p> <p>Критерий геометризации – это уровень представления объектов совокупностью структурных элементов</p> <p>Принципы геометризации – это правила (законы) представления объектов совокупностью структурных элементов</p> <p>Структурные элементы: точки, линии, поверхности</p> <p>Геодезическая метрика – это размер, форма, пространственное положение</p>

Рассматриваемый символ идеологии середины XX в. (Б.С. Кузьмина) предопределяет отсутствие структуры системы научного и профессионального знания. Геодезическое образование (высшее и среднее) на таком методологическом уровне нельзя считать удовлетворительным.

На базе определений, приведенных в табл. 2, автором разработаны несколько вариантов структуры геодезического знания и соответствующих вариантов организации этого знания, в том числе в системе высшего образования [2, 3, 4, 6]. Тем не менее, эти предложения, имеющие историческое и современное обоснование, на протяжении последних двух десятилетий публиковавшиеся в печати, пока не нашли понимания у геодезической общественности. Вместе с тем, продолжающееся сохранение идеологии XX в. является, в немалой степени, источником современного кризиса в геодезии [7].

Идеология прошлого лежит в основе современного геодезического образования. Высшая геодезическая школа поставляет в науку и производство специалистов, системный уровень подготовки которых недостаточен. Причина этого заключается в отсутствии в учебных планах курсов, дисциплин, в которых геодезия представлялась бы как целостная система, а также в связи с отсутствием в системе геодезических наук их упорядоченной структуры.

Пока не произойдет смены символа, а вместе с ним топографо-геодезической идеологии (т. е. топографо-геодезической парадигмы XX в.), до той поры мы будем стоять в тупике, «теряя уважение» и, тем самым, являясь историческими виновниками современного кризиса.

В основе определений, приведенных в табл. 2, а также в основе структуры и организации геодезического знания заложена геометрическая концепция [2, 3, 4, 6, 7]. Возможно, не для всех она является убедительной, но геометрической концепции, исторические корни которой предопределяли развитие геодезии, нет другой альтернативы. Разработанная автором система понимания геодезии вполне соответствует истории геодезии, механизмам и законам ее развития. Геодезия сейчас исчезает как системная целостность, а ее «раздробление» становится все более разрушительным.

Поскольку в существующей идеологии и ее символе нет понимания, определения и представления геодезии как целостной системы, то, следовательно, отсутствует новая структура геодезии, соответствующая XXI в. (есть только перечень подсистем). Вполне понятно также, что нет ее организации, методологической теории.

В общей истории геодезии было три исторических этапа, последний из которых закончился в конце XX в. (в 90-е гг.). Каждому этапу соответствовала своя парадигма. Последняя, третья парадигма, нами условно названа топографо-геодезической [4]. Ее, в какой-то мере (хотя и не полностью), символизирует пока еще существующее определение геодезии. К сожалению, в ней отсутствует предметное понимание.

Новая историческая эпоха (4-я) формирует свою парадигму, идеологию. Формируется новое определение геодезии, по крайней мере, формата и содер-

жания, представленного в табл. 2. Вместе с тем, идеология геодезии XXI в. еще не сформирована и нет никаких признаков желания ее сформировать. Показателем этого является продолжающееся использование во всех учебниках, теоретических работах и в образовании в целом определения геодезии, данного Б.С. Кузьминым.

Заключение

Мы вступили в XXI в. с устаревшей идеологией и символом геодезии. Кризис в геодезии является результатом не только социально-экономических условий, но и 50-летнего отсутствия в теории и методологии понимания геодезии как целостной системы. Тупик, в который зашло развитие геодезии, не в последнюю очередь связан с символом устаревшей идеологии. Авторы (Б.С. Кузьмин и др.) удивились бы, что их определение геодезии, которое еще в 70-х гг. подвергалось сомнению, будет сохраняться и в XXI в.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузьмин Б.С. Об определении современного содержания геодезии и картографии // Геодезия и картография. – 1972. – № 5. – С. 47–52.
2. Тетерин Г.Н. Теория развития и метасистемное понимание геодезии. – Новосибирск: СГГА, 2006. – 162 с.
3. Тетерин Г.Н. История геодезии (до XX в.). – Новосибирск: ООО «Альянс-Регион», 2008. – 300 с.
4. Тетерин Г.Н. Феномен и проблемы геодезии. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 95 с.
5. Тетерин Г.Н. Геодезия – это метод, или «наука о фигуре Земли», или нечто большее? // Изыскательский вестник. – 2009. – № 2. – С. 5–11.
6. Тетерин Г.Н. Теоретические и методологические основы геодезии. // Геодезия и картография. – 2011. – № 1. – С. 55–59.
7. Тетерин Г.Н. Опасное «заболевание» геодезии // Геодезия и картография. – 2011. – № 9. – С. 56–57.

Получено 02.02.2012

© Г.Н. Тетерин, 2012

УДК 528.629.783:551.24

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФАЗЫ НЕСУЩЕЙ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Николай Сергеевич Косарев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, магистрант кафедры инженерной геодезии и информационных систем СГГА, тел. (913)706-91-95, e-mail: kosarevnsk@yandex.ru

В статье поставлена проблема обнаружения, оценки и восстановления фазовых ГНСС-наблюдений. Определены основные задачи для решения данной проблемы. Выполнен обзор основных методов обнаружения, оценки и восстановления фазовых наблюдений. Предложен новый метод восстановления фазы несущей, основанный на использовании элементов орбиты и приближенного положения пункта наблюдений, который обладает существенными преимуществами перед другими методами.

Ключевые слова: пропуски счета циклов, линейные комбинации, фильтр Калмана, комбинации Мельбурна – Вьюбена, метод Блюита.

RESTORATION OF CARRIER PHASE: PROBLEMS AND DECISION WAYS

Nikolay S. Kosarev

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo Ul., Master, Department of engineering surveying and information systems SSGA, tel. (913)706-91-95, e-mail: kosarevnsk@yandex.ru

The article posed the problem of detection, assessment and recovery phase of GNSS - observations. Key challenges to address this problem. A review of the basic methods of detection, assessment and recovery phase of observation are made. A new method of carrier phase recovery based on the use of orbital elements and the approximate position of observation points, which has significant advantages over other methods are presented.

Key words: omissions accounts cycles, linear combinations, the Kalman filter, a combination of Melbourne – Wubbena, the Blewitt method.

За прошедшие десятилетия отечественные и зарубежные ученые разработали огромное количество методов, решающих различные задачи геодезии, и решили множество проблем, возникающих при выполнении ГНСС-измерений. Но при этом проблема обнаружения, оценки и восстановления фазовых наблюдений до сих пор не решена и остается актуальной, несмотря на непрерывно совершенствующуюся геодезическую аппаратуру и программные пакеты обработки данных радионавигационных систем GPS, ГЛОНАСС, GALILEO и др. [2, 7].

Данная проблема может возникнуть по одной из трех причин. Чаще всего – из-за блокировки сигналов препятствиями: деревьями, зданиями. Вторая причина – низкое отношение «сигнал – шум» из-за ионосферных возмущений,

многопутности, малой высоты спутников над горизонтом. Третий источник потерь – неполадки в программном обеспечении приемников [2].

Рассмотрим, как образуется срыв фазы наблюдений. При включении приемника наблюдается дробная часть фазы биений (то есть разность между сигналом, принятым со спутника приемником, и сгенерированным приемником ответным сигналом), и инициализируется счетчик целых циклов. Во время наблюдений при изменении фазы от 0 до 2π (или от 0 до -2π) показания счетчика изменяются соответственно на +1 или -1 цикл. Таким образом, в данную эпоху наблюденная накопленная фаза $\Delta\varphi$ представляет сумму дробной фазы φ и целого отсчета n . Начальное целое число циклов N в расстоянии между спутником и приемником является неизвестным. Эта фазовая неоднозначность остается постоянной до тех пор, пока нет потери захвата сигнала. При восстановлении захвата сигнала счетчик целых циклов инициализируется повторно, что вызывает скачок в непрерывно накапливаемой фазе на целое число циклов. Изменение целого числа циклов в наблюдении фазы несущей, вызванного потерей захвата фазы приемником, называется потерей счета циклов. Поэтому в данной проблеме необходимо выделить три основные задачи, которые необходимо решить. Это выявление места в файле, где произошла потеря счета циклов, определение величины скачка и исправление искаженных отсчетов. Потеря счета циклов может быть видна в файле, если пропуск продолжался несколько эпох записи данных, но может оказаться и невидимой, если пропуск происходил между двумя последовательными эпохами.

Решение данных задач идет в двух направлениях. С одной стороны – это совершенствование аппаратной части приемника, с другой – разработка математических методов восстановления пропусков циклов [5].

Совершенствование аппаратной части спутниковых ГНСС-приемников происходит в основном за счет постоянной модернизации принимающих геодезических антенн. Сейчас многие антенны могут «бороться» с многопутностью, существенно уменьшая данный эффект (антенны типа choke-ring). Компанией JAVAD (США) разработано и запатентовано аппаратно-программное решение, которое позволяет выполнять калибровку сигналов ГЛОНАСС в реальном времени в самой принимающей антенне. Благодаря этому на стадии принятия сигналов происходит предварительная обработка полученных ГНСС-измерений и происходит их фильтрация [4].

Компанией Topcon Positioning System (Япония) представлено несколько современных технологий, позволяющих обеспечивать высокую точность измерений в различных режимах измерений. Среди них стоит выделить две технологии: Advanced Multipath Reduction и Co-Op Tracking, которые позволяют производить полевые работы в сложных условиях, таких как съемка в залесенной местности. Благодаря технологии Co-Op tracking, повторный захват спутников практически мгновенен, независимо от периода потери захвата. Если потеря захвата происходит на короткое время (несколько секунд), повторный захват происходит без пропуска цикла сигнала [6].

В основе математических методов обнаружения, оценки и восстановления фазовых наблюдений лежит один из трех принципов: применение функции неоднозначности, образование линейных комбинаций, статистические исследования.

Функции неоднозначности широко применялись в 80-е гг. прошлого столетия, когда возможности приемной аппаратуры были ограничены. Основное преимущество данного метода заключается в том, что он вообще не требует восстановления непрерывной фазы, поскольку при этом не осуществляется разрешение целочисленных неоднозначностей.

Решение заключается в следующем: предполагается объем поиска, например, куб, в котором ожидаются координаты мобильной станции (базовая станция принимается фиксированной). Положение и размер куба определяются по теоретическим данным о базовой линии (из решения по псевдодальностям, по тройным разностям или другим способом) и ее погрешностям. Физический объем делится узкой сеткой точек с равными расстояниями. Каждая физическая точка является кандидатом для вычисления функции неоднозначности. Однако достигаемая при этом точность зависит от размера шага исследования объема пространства, а при уменьшении размера исследования резко возрастает объем вычислений [2].

Популярным методом, особенно для обработки кинематических данных, где фильтрация используется на главной стадии обработки, является Калмановская фильтрация. Метод основывается на сравнении теоретических данных, выведенных из динамической модели в фильтре Калмана, и измеренных значений. Любые статистически значимые расхождения являются указателями потерь циклов. Однако выбор подходящих параметров фильтра для набора данных требует настройки фильтра и, если выбраны несоответствующие параметры, то метод может выдавать неадекватные результаты, которые потребуют дополнительной проверки. В статье [5] приводятся тестируемые величины для выявления потерь счета циклов, при этом не берется во внимание третья частота L5, а также C/A-код на частоте L2 (L2C).

Третий гражданский сигнал L5 должен передаваться спутниками Блока ИФ и Блока Ш на частоте 1 176,45 МГц. Сигнал на частоте L5 был специально разработан так, чтобы несколькими способами улучшить его характеристики по сравнению с существующим C/A-кодом на диапазоне L1. Мощность сигнала L5 больше на 6 дБ, чем сигнала L1 (2 154 дБ и 2 160 дБ соответственно). Свободная от данных составляющая нового сигнала также обеспечивает более надежное отслеживание фазы несущей. Ширина диапозона радиопередачи минимум в 20 МГц и более высокая скорость квантования будут обеспечивать большую точность при наличии многопутности. Кроме того, использование кода, более длинного, чем C/A-коды на диапазонах L1 и L2, уменьшит внутренние помехи системы.

В таблице представлены тестируемые величины фильтра Калмана для выявления потери счета циклов, выполненные одним или парой приемников [2].

Параметры фильтра Калмана для выявления потери счета циклов

Количество приемников	Необходимые данные	Оцениваемая величина
Один приемник	Фазовая псевдодальность на одной частоте	Необработанная фазовая псевдодальность
	Фазовая псевдодальность на двух частотах	Фазовые комбинации
	Фазовая и кодовая псевдодальность на одной частоте	Комбинация фазовой и кодовой псевдодальности (линейная комбинация, свободная от ионосферы, линейная комбинация, свободная от геометрии, широкополосная и узкополосная комбинация)
	Фазовая псевдодальность и интегральный доплер на одной частоте	Комбинация фазовой псевдодальности и интегрального доплера
Пара приемников	Фазовая псевдодальность на одной частоте	Одиарные, двойные, тройные разности фазовых псевдодальностей
	Фазовая псевдодальность на двух частотах	Комбинация фазовой псевдодальности, свободной от геометрии
	Фазовая и кодовая псевдодальность на двух частотах	Разность широкополосной фазовой и узкополосной псевдодальности

Другим существенным методом выявления потери счета циклов является образование линейных комбинаций между кодовыми и фазовыми измерениями. При этом точность предложенного метода зависит от качества кодовых псевдодальностей, прежде всего от шума кодовых измерений.

В 1984 г. Б. Ремонди предложил алгоритм тройных разностей, которые нечувствительны к ошибкам часов спутника и приемника и к неизвестной целой неоднозначности, разности исследуются автоматически для определения любых больших величин и, следовательно, любых больших разрывов циклов. Отметим, что влияние разрыва цикла действует локально на конкретной тройной разности (потому что тройные разности представляют вычитание по времени, между эпохами) и, следовательно, сдвиги частоты обычно легко замечаются в их относительных поправках (хотя это невозможно увидеть на одной поправке). Решение ведется методом приближений. Как только решения по МНК сходятся, полученные невязки будут указывать на величину скачков циклов. Затем производятся поиск и исправление соответствующих разрывов. Обычно этот процесс повторяется для разрешения двойных разностей, где и производится окончательное изменение сдвигов частоты. Недостатком тройных разностей является наличие у них повышенного уровня шума [2].

В 1985 г. двумя немецкими геодезистами Мельбурном и Вюббена была предложена комбинация кодовых и фазовых наблюдений [11]. Эта комбинация не зависит от геометрии спутникового созвездия, ошибок часов, влияния ионосферы, длины базовой линии

$$\Phi_{MW} = \frac{f_{L1}}{f_{L1} - f_{L2}} \cdot \Phi_j^i(t)_{L1} - \frac{f_{L2}}{f_{L1} - f_{L2}} \cdot \Phi_j^i(t)_{L2} - \frac{f_{L1}}{f_{L1} - f_{L2}} \cdot P_j^i(t)_{L1} + \frac{f_{L1}}{f_{L1} - f_{L2}} \cdot P_j^i(t)_{L2}, \quad (1)$$

где Φ_{MW} – линейная комбинация Мельбурна – Вюббена;

$\Phi_j^i(t)_{L1}, \Phi_j^i(t)_{L2}$ – фазовые наблюдения в момент t со спутника i в приемнике j в диапазонах $L1$ и $L2$, соответственно (в линейной мере);

$P_j^i(t)_{L1}, P_j^i(t)_{L2}$ – P-кодовые наблюдения в момент t со спутника i в приемнике j в диапазонах $L1$ и $L2$ (в линейной мере);

f_{L1}, f_{L2} – частота радиосигнала в диапазонах $L1$ и $L2$.

Такие же комбинации можно составить и для P -кодовых и фазовых наблюдений в диапазонах $L1/L5$ и $L2/L5$. Как и в методе тройных разностей, основной недостаток – повышенный уровень шума.

В 1990 г. Д. Блюитом была разработана методика, схожая с уже рассмотренной комбинацией Мельбурна – Вюббена, которая предназначена для разрешения фазовых неоднозначностей при решении базовых линий длиной более 2 000 км [8]:

$$\Phi_{WL} = \frac{1}{f_{L1} - f_{L2}} \cdot (f_{L1} \cdot \Phi_j^i(t)_{L1} - f_{L2} \cdot \Phi_j^i(t)_{L2}), \quad (2)$$

где Φ_{WL} – широкополосная линейная комбинация;

$\Phi_j^i(t)_{L1}, \Phi_j^i(t)_{L2}$ – фазовые наблюдения в момент t со спутника i на приемнике j в диапазонах $L1$ и $L2$, соответственно (в линейной мере).

Такую же широкополосную линейную комбинацию можно составить и для P-кодовых псевдодальностей.

Во всех вышеперечисленных методах используются двухчастотные наблюдения на паре приемников.

В 1985 г. К. Гоадом [9] был разработан метод восстановления фазы несущей при использовании двухчастотного приемника на одной точке. Технология основана на следующих соотношениях:

$$\Phi_j^i(t)_{L2} = \Phi_j^i(t)_{L1} \cdot f_{L2} / f_{L1}. \quad (3)$$

Линейная комбинация d представляется как

$$d = \Phi_j^i(t)_{L1} - \Phi_j^i(t)_{L2} \cdot f_{L1} / f_{L2}, \quad (4)$$

что затем дает:

$$d = N_j^i(t)_{L1} - f_{L1} / f_{L2} \cdot N_j^i(t)_{L2} + I / f_{L1} \cdot (1 - f_{L1}^2 / f_{L2}^2), \quad (5)$$

где $\Phi_j^i(t)_{L1}$, $\Phi_j^i(t)_{L2}$ – фазовые наблюдения в момент t со спутника i в приемнике j в диапазонах $L1$ и $L2$, соответственно (в линейной мере);

f_{L1} , f_{L2} – частота радиосигнала в диапазонах $L1$ и $L2$;

$N_j^i(t)_{L1}$, $N_j^i(t)_{L2}$ – целочисленная неоднозначность для комбинации «спутник – приемник» i, j на диапазонах $L1$ и $L2$;

I – ионосферное влияние.

В 2003 г. А. Жалило [10] разработал алгоритм обнаружения, оценки и восстановления фазовых наблюдений для активных базовых сетей Украины. Алгоритм основывается на использовании различных линейных комбинаций как одним приемником, так и парой приемников с последующей отбраковкой некорректных данных.

Все вышеперечисленные методы обнаружения, оценки и восстановления фазовых наблюдений обладают рядом недостатков:

- обладают повышенным уровнем шума, так как основаны на сравнении кодовых и фазовых данных;

- требуют дополнительной фильтрации полученных линейных комбинаций;

- зависимы от данных, которые поступают в виде исходной информации (кодовые и фазовые псевдодальности, а также интегральный доплер).

Положительные результаты описаны в работе [3], где предложен альтернативный метод контроля наблюдений непрерывной фазы несущей, основанный на использовании эфемерид (бортовых или точных) и приближенного положения пункта наблюдений. В этом методе вычисляемое изменение в фазовых псевдодальностях не зависит от шума входных данных (кодовых и фазовых псевдодальностей), однако полностью зависит от качества часов приемника.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. Т. 1. – М.: Картгеоцентр, 2005. – 334 с.
2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. – М.: Картгеоцентр, 2006. – 360 с.
3. Антонович К.М., Косарев Н.С. О возможности контроля непрерывной фазы несущей при ГНСС наблюдениях // ГЕО-Сибирь-2011. Т. 1. Ч. 2: Геодезия, картография, маркшейдерия: сб. матер. VII Междунар. науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2011», 19–29 апреля 2011 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2011. – С. 164–168.

4. Ашджай Д. TRIUMPH V. S. – новая страница в истории оборудования ГНСС // Геопрофи 2010, № 6. – С. 20–25.
5. Горохова Т.И. Обзор современных методов выявления и восстановления потерь счета циклов при обработке фазовых ГНСС измерений // ГЕО-Сибирь-2008. Т. 1. Ч. 1: Геодезия, картография, маркшейдерия: сб. матер. IV Междунар. науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2008», 22–24 апреля 2008 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2008. – С. 251–254.
6. Информация о приемнике Topcon GB500 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.prin.ru/equipment/equipment/gps/geodetic_class_topcon/archive/topcon-gb500-gb100/.
7. Bisnach S.B., Kim Donghyun, Langley R.B. A new approach to an old problem Carrier-Phase cycle Slips // GPS World. – 2001. – Vol. 12, No. 5. – P. 46–51. – Англ.
8. Carrier Phase Ambiguity Resolution for the Global Positioning System Applied to Geodetic Baselines up to 2000 km / G. Blewitt, W. G. Melbourne, W. I. Bertiger et al. // Journal of Geophysical Research. – 1989. – Vol. 94, No. B8. – P. 10187-10203. – Англ.
9. Goad C., Yang M. On Automatic Precision Airborne GPS Positioning // Proceedings of the International Symposium on Kinematic Systems in Geodesy, Geomatics and Navigation KIS'94. Banff, Alberta, Canada. August 30-September 2, 1994. – P. 131–138. – Англ.
10. Zhalilo A.A. Carrier-Phase cycle – slip detection and repair of dual-frequency GPS data – new technique using correlation filtering principle // Proceedings of the 10th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation System. – St. Petersburg, Russia, 26–28 May, 2003.
11. Melbourne W. G. The Case for Ranging in GPS Based Geodetic Systems, in Proceedings // 1st International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System, edited by Clyde Goad. – 1985. – P. 373–386. – Англ.

Получено 17.02.2012

© Н.С. Косарев, 2012

УДК 622.24.627.532.59

ТИПЫ МОРСКИХ ВОЛН, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ВОЗВЕДЕНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ АРКТИЧЕСКИХ И ЗАМЕРЗАЮЩИХ МОРЕЙ

Леонид Александрович Зверев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры геодезии СГГА, тел. (383)314-70-16

В статье изложены типизация морских волн, их характеристики и классификация, используемые при проектировании и возведении ледостойких гидротехнических сооружений на шельфе Арктических и замерзающих морей. Даны выводы и рекомендации по добыче углеводородного сырья в акваториях этих морей.

Ключевые слова: морские волны, цунами, циклоны, ураганы, сейши, платформы, искусственные острова.

TYPES OF SEA WAVES, THEIR CHARACTERISTICS AND CLASSIFICATION IN DESIGNING AND CONSTRUCTION OF HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURES ON THE SHELF OF THE ARCTIC AND FREEZING SEAS

Leonid A. Zverev

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Prof. Dr. Department of Geodesy, tel. (383)314-70-16

Types of sea waves, their characteristics and classification used in designing and construction of sleet-proof hydraulic engineering structures on a shelf of the Arctic and freezing seas are outlined. Conclusions and recommendations on production of hydrocarbons in aquatic areas of these seas are given.

Key words: sea waves, tsunamis, cyclones, hurricanes, seiches, platforms, artificial islands.

Морские волны вызываются колебательными движениями водной среды морей и океанов, приливообразующими силами Луны и Солнца, ветрами, колебаниями атмосферного давления, подводными землетрясениями, извержениями вулканов.

Волны подразделяются (в зависимости от вызвавших их причин) на приливные, ветровые, барические, сейсмические, сейши, тягуны, корабельные.

Само понятие «волна» является универсальной характеристикой различных форм движения и материальных объектов. Волны являются первичным понятием при описании чрезвычайно разнообразных физических явлений. В наиболее широком смысле волнами называют любые возмущения, распространяющиеся с конечной скоростью в пространстве и переносящие энергию (или информацию) без переноса вещества.

Как правило, волны характеризуются пространственным периодом – длиной волны (λ), а также временным периодом (T), за который волна, распростра-

няющаяся со скоростью (C), проходит расстояние (λ). Эти величины связаны между собой соотношением:

$$\lambda = CT. \quad (1)$$

Современное общепринятое разделение материальных объектов на частицы и волны не является абсолютным, поскольку микрообъекты, подчиняющиеся законам квантовой физики, обладают как свойствами частиц, так и волновыми свойствами. Наиболее часто на практике встречаются упругие (звуковые, сейсмические) волны, электромагнитные (радиоволны, световые, оптические волны, рентгеновское излучение, гамма-лучи и др.) и волны на поверхности жидкостей.

Несмотря на различную природу волн, они подчиняются общим закономерностям при распространении, и для любых волн характерны такие явления, как отражение и преломление на границе раздела сред, дисперсия, интерференция, дифракция, поглощение и рассеивание волн.

В зависимости от того, как ориентированы возмущения относительно направления распространения волны, различают продольные и поперечные волны.

Упругие и акустические волны относятся к продольным волнам, а световые и электромагнитные – к поперечным.

Процесс волнения на поверхности воды представляет собой неустановившееся движение жидкости, в которой скорость перемещения ее формы отличается от скорости ее частиц. Если процесс волнения на воде происходит под действием сил тяжести, такие волны называются гравитационными. Возникновение гравитационных волн на водной массе обязано любому ее мгновенному возмущению.

Соответственно, волны (по их воздействию на морские гидротехнические сооружения) подразделяются на следующие типы:

- цунами – гигантские волны, возникающие в результате землетрясений, эпицентр которых находится под дном океана, или в процессе образования новой океанической коры. В волновом движении цунами, в отличие от волн, создаваемых ветром, участвует вся водная толща. Скорость распространения цунами достигает 50–100 км/ч, высота волны в области возникновения – от 0,1 до 5 м, вблизи берега может достигать 10–50 м.

Сила землетрясений оценивается по шкале Рихтера в баллах от 1 до 10. Эти величины соответствуют энергии, выделившейся при землетрясении. В настоящее время введена более «наглядная» шкала Меркалли, где сила землетрясений оценивается от 1 до 12 баллов. К примеру, в Нефтегорске (Сахалин, май 1995 г.) землетрясение по шкале Рихтера в эпицентре оценивалось в 9 баллов. На самом же деле, по разрушениям и расчетам, сила землетрясения в эпицентре составила 11 баллов (по Меркалли);

- ветровое волнение, возникающее при взаимодействии воздушных масс с водной поверхностью. Горизонтальное движение атмосферного воздуха отно-

сительно земной поверхности из области с высоким давлением в область низкого давления называют ветром. Оцениваются направление и скорость ветра в м/с, км/ч или по 12-балльной шкале Бофорта. Ураган «Катрина» (2005 г.) зародился в районе Багамских островов и в течение нескольких суток существовал как тропическая депрессия, так как скорость ветра была не выше 17 м/с.

Заметим, ураганным ветер признано считать тогда, когда его скорость достигает 30–40 м/с.

Далее «Катрина» сместилась на северо-запад (во Флоридский пролив), где температура воды составляла 30 °С, а это определяющее условие для зарождения и активизации циклона. За сутки «Катрина» развилась до состояния урагана, скорость ветра в центре достигла 280 км/ч. Из Мексиканского залива «Катрина» повернула резко на север (к побережью чуть восточнее г. Новый Орлеан), что и спасло город, но были затоплены 10 км прибрежной зоны, при этом высота волн составляла 9 м;

- приливные, гравитационные воздействия Земли на Луну и наоборот, довольно велики, в меньшей степени Земля воздействует на Солнце. Силы притяжения небесных тел достигают максимума в тот момент, когда они находятся на одной прямой по отношению к земному наблюдателю. Это происходит в новолуние и полнолуние. Подобное положение светил называется сизигией, а наступающий в эти дни прилив – сизигийным.

Наибольшие величины приливов отмечаются именно в это время. Когда векторы силы притяжения Солнца и Луны взаимно перпендикулярны (во время квадратур, т. е. когда Луна находится в первой или последней четверти), то их приливы противодействуют, поскольку прилив, вызываемый притяжением Солнца, накладывается на отлив, вызываемый Луной. Такие промежуточные приливы и отливы называются квадратурными.

Самый высокий уровень воды, наблюдаемый за сутки или за половину суток во время прилива, называют полной водой, а самый низкий уровень во время отлива – малой водой, а момент достижения предельных отметок – стоянием прилива или отлива.

В течение суток бывает либо по одной полной и малой воде – и тогда прилив называется суточным, либо успевают совершиться два приливных цикла – полусуточный цикл.

Заметим, что в открытом море или в океане подъем водной поверхности во время прилива не превышает 1 м. Однако в заливах морей и океанов приливы достигают наибольшей величины – 19,6 м. Такие приливы наблюдаются в заливе Фанди (Атлантическое побережье Канады) у порта Мониган. В Англии, в устье реки Северн, впадающей в Бристонский залив, наибольшая высота прилива составляет 16,3 м.

В Охотском море приливная волна входит с юго-востока из Тихого океана и величина прилива в Пенжинской губе превосходит 13 м, у Шантарских островов он достигает 8 м, а на севере о. Сахалин – 1–2 м. На реках в устьевую область приливная волна приходит из открытых морей и океанов и, по мере

приближения к берегу, уровень воды повышается, а профиль приливной воды из-за уменьшения глубины, и особенно конфигурации берега, деформируется.

На взморье передний край волны становится круче заднего. Столкновение двух встречных потоков, морского и речного, вызывает образование крутого вала, получившего название бора. Заметим, что мощный бор на реке Амазонка (там высота волны достигает 5–6 м) распространяется вверх по течению на 3 тыс. км от океана. На реке Меконга волны прилива поднимаются до 500 км, на Северной Двине – 140 км;

- барические волны возникают в области пониженного и повышенного атмосферного давления. Части барического поля атмосферы – это барические системы – циклоны (с пониженным давлением) и антициклоны – с повышенным давлением.

С барическими системами связаны определенные воздушные течения (ветры), распределение температуры, облачности, осадки, волны (в открытых морях и океанах) и т. д. Как было сказано выше, при скорости ветра 17 м/с высота волн может достигать 1–2 м, что не опасно, но они непрерывно меняются во времени, это приводит к соответствующим изменениям в воздушных потоках (см. тип волн – ветровые).

Заметим, что в Охотском море (штормовой период – декабрь) наблюдаются волны с максимальной амплитудой до 7 м и с частой сменой 4–5 м;

- сейши – стоячие волны большого периода (от нескольких минут до десятков часов), возникающие в замкнутых водоемах (морях, озерах, заливах, лагунах и пр.).

Сейши – это результат интерференции волн, возникающих под воздействием внешней силы (резкого изменения атмосферного давления, ветра, сейсмических явлений и др.), и волн, отраженных от берегов бассейна. При сейшах происходит колебательное движение всей массы воды, при этом амплитуда сейш достигает 1–2 м. В Азовском море наблюдались сейши с периодом до 23 ч и амплитудой 10–25 см.

Наряду с вышеописанными характеристиками гравитационных морских волн, с учетом фундаментальных характеристик в зависимости (1) во всех разработанных гидромеханических теориях волновых движений жидкости всегда используются следующие характеристики и их зависимости:

- высота волны (h) ;
- конечная глубина (d) ;
- амплитуда волны $\alpha = h/2$;
- частота волны $\omega = 2\pi/T$;
- волновое число $k = 2\pi/\lambda$;
- скорость волны $C = \lambda/T = \omega/k$.

Теоретические описания ветрового волнения требуют определенного системного подхода, который ориентировал бы исследователя на выявление многообразных типов связей внутри системы и преобразование их в единую теоретическую структуру. На основе вышеописанных типов волн и системного под-

хода различными авторами разработана классификация гравитационных ветровых волн, отражающая физические особенности каждого типа волн [1, 4]. Теоретические модели волн гидродинамического и спектрального направления основаны на том, что вода рассматривается идеальной, не обладающей вязкостью, без примесей, а движение волн принимается безвихревым. Такие допущения в основном согласуются с лабораторными и натурными исследованиями и позволяют получить вполне удовлетворительные качественные результаты при описании параметров волн и их внутренней структуры.

В спектральной теории волн рассматриваются нерегулярные двухмерные и трехмерные волны. К нерегулярным волнам относятся волны, элементы и формы которых изменяются случайным образом как по длине разгона, так и в фиксированной точке взволнованной поверхности.

В гидродинамических теориях описываются различные виды двухмерных волн. К этому типу относятся волны, форма и элементы которых в любой момент времени в конкретной точке длины разгона известны и одинаковы. К ним относятся одиночные, регулярные волны с неизвестными во времени параметрами, подразделяющиеся на гармонические (синусоидальные) и негармонические, у которых гребни волн выше их впадин. Негармонические описываются приближениями нелинейных теорий, а группы волн рассматриваются с теоретических позиций как сумма двух гармоник с близкими, но различными частотами [4].

В отличие от одиночных, различные виды регулярных волн и группы волн относятся к периодическим волнам [1].

Перечисленным теоретическим моделям волн могут соответствовать:

- одиночные – прибойные волны;
- регулярные волны – на глубокой воде и относительно мелководье;
- группы волн – двухмерные, одиночные и регулярные волны.

Математическая обработка волновых теорий подробно приведена в работах [2, 3, 4, 5].

В данной работе рассмотрены основные характеристики и классификация морских волн, а также существующие волновые теории.

При вероятностном подходе к расчетам волновой нагрузки на проектируемое гидротехническое сооружение, расчетные параметры волн внутри предполагаемого шторма должны определяться с учетом характера рассматриваемого воздействия, типа и класса проектируемого объекта.

Однако какие бы теории не использовались в расчетах волновых нагрузок, они будут иметь прогнозный характер, так как природные явления являются многофакторными и роль отдельных факторов в каждом конкретном случае может быть непредсказуема.

Наиболее важным в данном случае является географическое положение района предполагаемого строительства, колебание уровня и глубина воды, ветровой, волновой и температурный режимы, осадки, ледовая обстановка, сейсмическая активность, инженерно-геологические условия и др.

Поэтому необходимо вести мониторинговые комплексные исследования на акватории моря в районе предполагаемого строительства любого объекта. Такое всестороннее изучение гидросферы, ее свойств, протекающих в ней процессов и явлений во взаимосвязи с атмосферой, лито- и биосферой выполняет гидрология моря, иначе – океанология. Здесь уместно применить понятие «мониторинговые комплексные исследования», иначе – перечисляемые ниже комплексные инженерные изыскания:

- инженерно-геодезические работы с учетом повторных натуральных измерений;
- инженерно-геологические и геофизические исследования по геодезическим профилям (галсам);
- гидрометеорологические исследования и расчет местоположения стационарных станций, на которых проводятся постоянные натурные наблюдения;
- экологические изыскания, проводимые согласно Закону РФ «О континентальном шельфе Российской Федерации» от 25 октября 1995 г. и СП 11-102–97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства».

Такой системный подход по исследованию природных явлений позволяет получить детальную изученность территории для проектирования и возведения любого типа нефтяных платформ на шельфе и в открытом море. Таких платформ в мире разработано сотни, однако самыми надежными являются искусственные насыпные и комбинированные острова, возводимые на мелководье (10–12 м глубины моря).

Такие сооружения надежно выдерживают нагрузки (волновые, ветровые, ледовые), а главное – проектируются с использованием технологии «нулевого сброса», при котором промышленные и отработанные буровые стоки, разливы и т. д. не попадают в море, а утилизируются на берегу, что приносит минимальный ущерб окружающей среде.

Остальные типы нефтяных платформ менее надежны из-за применения на них современной «материковой» технологии добычи нефти. Примером может служить авария на американской плавучей нефтяной платформе в Мексиканском заливе в 2011 г.

Такого рода исследования обеспечивают надежные расчеты по определению в шельфовой части морей зон развития и затухания волн (при цунами), а также дают возможность определить характерные безопасные районы строительства береговых сооружений 1-й категории и даже очень опасных сооружений, таких как «Фукусима 1».

Необходимо особо отметить, что в Арктических и замерзающих морях большинство запасов углеводородов сосредоточено в районах, покрытых практически круглый год дрейфующим льдом, поэтому любой разлив, буровые стоки, попавшие на дрейфующую льдину, через некоторое время могут оказаться в других морях.

В связи с этим необходимо, чтобы все проекты обустройства таких месторождений, особенно по добыче углеводородов, выполнялись в соответствии с

вышеуказанным Федеральным законом от 25.10.95 г., который определяет порядок проведения экологической экспертизы на шельфе по международным требованиям для безопасности и полного исключения экологических рисков.

При несоблюдении требований экспертизы на проекты накладывается абсолютное вето, так как такие объекты будут нерентабельны при экологических нарушениях, что убедительно доказано в работе [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крылов Ю.М. Спектральные методы исследования и расчеты ветровых волн. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 256 с.
2. Кожевников М.П. Гидравлика ветровых волн. – М.: Энергия, 1972. – 263 с.
3. Сретенский Л.Н. Теория волновых движений жидкости. Изд. 2-е. – М.: Наука, 1977. – 816 с.
4. Рогачко С.И., Пиляев С.И. Воздействие волн и льда на морские нефтегазопромысловые сооружения континентального шельфа: учеб. пособие. – М.: МГСУ, 2002. – 159 с.
5. СНиП 2.06.04–82. Нагрузки и взаимодействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). – М.: Стройиздат, 1983; С изменениями № 2 // Бюллетень строительной технологии. – 1995. – № 9. – С. 24; № 10. – С. 21; № 11. – С. 24.
6. Патин С.А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. – М.: ВНИРО. – 350 с.

Получено 24.01.2012

© Л.А. Зверев, 2012

УДК 528.531:528.514/.517

УЧЕТ КОРРЕКТНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В РЕЗУЛЬТАТАХ ИЗМЕРЕНИЙ СОВРЕМЕННЫМИ ДАЛЬНОМЕРАМИ И ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ

Александр Владимирович Кошелев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры специальных устройств и технологий СГГА, тел. 8923-243-55-05, e-mail: alvfkosh@yandex.ru

Александр Петрович Карпик

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор, ректор, тел. (383)343-39-37, e-mail: rectorat@ssga.ru

Сергей Сергеевич Овчинников

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, ассистент кафедры специальных устройств и технологий СГГА, тел. 8961-872-49-66, e-mail: serpanya@yandex.ru

Анна Александровна Дубинина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры специальных устройств и технологий СГГА, тел. 8961-874-98-90, e-mail: dubinina_a@bk.ru

Обсуждена проблема использования некорректного показателя преломления атмосферы в современных оптико-электронных дальномерах и предложена формула поправки для исправления расстояний, измеренных такими приборами. Приведен пример расчета.

Ключевые слова: атмосфера дисперсии, индекс преломления.

CONTROL OF ATMOSPHERE REFRACTIN INDEX CORRECT VALUES IN THE MEASUREMENT RESULTS OF MODERN LASER RANGERS AND TOTAL STATIONS

Alexandr V. Koshelev

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), Russia, Novosibirsk 630108, 10 Plakhotnogo St; MSc, senior lecturer, Prof., Department of specialized instrumentation and technologies SSGA, tel. 8923-243-55-05, e-mail: alvfkosh@yandex.ru

Alexandr P. Karpik

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), Russia, Novosibirsk 630108, 10 Plohotnogo St; Ph. DSc, Prof., rector, tel. (383)343-39-37, e-mail: rectorat@ssga.ru

Sergey S. Ovchinnikov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), Russia, Novosibirsk 630108, 10 Plohotnogo St; post-graduate science student, Department of specialized instrumentation and technologies SSGA, tel. 8961-872-49-66, e-mail: serpanya@yandex.ru

Anna A. Dubinina

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), Russia, Novosibirsk 630108, 10 Plohotnogo St; post-graduate science student, Department of specialized instrumentation and technologies SSGA, tel. 8961-874-98-90

The problem of use of an incorrect indicator of refraction of the atmosphere in modern optoelectronic range finders is discussed and the amendment formula for correction of the distances measured by such devices is offered. It is given an example calculation.

Key words: dispersion atmosphere, refraction index.

В настоящее время для учета влияния тропосферы в результатах линейных измерений современными светодальномерами и электронными тахеометрами используются некорректные алгоритмы. Это теоретически и экспериментально обосновано и показано в работах [1, 2]. Важность исправления современных и ранее полученных результатов линейных светодальномерных измерений, выполненных с использованием некорректных показателей преломления (НПП), состоит еще и в том, что они имеют значительные систематические искажения. Это относится как к современным, так и многим другим ранее выполненным важным и ответственным светодальномерным измерениям, например, базисам основных опорных государственных геодезических сетей. Такие работы широко проводились фазовыми светодальномерами с конца пятидесятих годов прошлого века. Поэтому исправление базисных светодальномерных измерений с учетом корректного показателя преломления (КПП) позволит по более точным данным линейных измерений выполнить перерасчет координат, полученных с помощью фазовых светодальномеров. Такие работы необходимы, особенно для тех пунктов, которые в настоящее время востребованы при выполнении научных исследований и решении практических задач.

Важно отметить, что обсуждаемые погрешности носят систематический характер и наиболее значительно проявляются при измерениях больших длин. При этом они не всегда носят явный характер. Например, нужно учитывать, что обсуждаемые погрешности могут частично компенсироваться и маскироваться при определении приборных поправок [1] на базисах, измеренных инварными проволоками. Однако даже и в этом случае приборные поправки содержат систематические линейные искажения, вызванные применением НПП атмосферы. Это приводит к появлению дополнительных систематических погрешностей, во много раз превосходящих инструментальную погрешность самих светодальномеров. В этом случае наилучший результат может быть получен при использовании приборной поправки для конкретного светодальномера, полученной известным методом, при измерениях линии в целом и по частям из середины [2].

В работах [3, 4] установлено, что в настоящее время корректный индекс показателя преломления N_K используется только в интерферометрах, а некорректный индекс показателя преломления N_H , полученный через преобразование Рэлея, – во всех современных светодальномерах и электронных тахеометрах.

Корректные N_K и некорректные N_H индексы показателей преломления представим в соответствии с работами [3, 4] в преобразованном виде:

$$N_K = N_{0K} \frac{T_0 \cdot P}{P_0 \cdot T} - \left(17,045 - \frac{0,5572}{\lambda^2} \right) \frac{e}{T}; \quad (1)$$

$$N_H = N_{0H} \frac{T_0 \cdot P}{P_0 \cdot T} - \left(17,045 - \frac{0,5572}{\lambda^2} \right) \frac{e}{T},$$

где N_{0K} и N_{0H} – индексы преломления для стандартных метеоусловий, которые определяются по формулам:

$$N_{0K} = (n_{0g} - 1) \cdot 10^6 = 272,6129 + \frac{1,5294}{\lambda^2} + \frac{0,01367}{\lambda^4}; \quad (2)$$

$$N_{0H} = (n'_{0g} - 1) \cdot 10^6 = 272,6129 + \frac{3 \cdot 1,5294}{\lambda^2} + \frac{5 \cdot 0,01367}{\lambda^4}. \quad (3)$$

Значения индексов показателей преломления N_K и N_H связаны с соответствующими показателями преломления n_H и n_K известными уравнениями:

$$n_H = 1 + N_H \cdot 10^{-6} \quad \text{и} \quad n_K = 1 + N_K \cdot 10^{-6}. \quad (4)$$

Поскольку $n_H > n_K$, так как $N_{0H} > N_{0K}$, то измеренные расстояния с использованием некорректного показателя преломления n_H для расстояний $D_H = D_0 n_H$ будут превосходить корректное действительное расстояние $D_K = D_0 \cdot n_K$.

Таким образом, использование некорректного показателя преломления n_H в современных светодальномерах является источником систематических погрешностей в сторону завышения результатов измерений. Величины искажений результатов измерений при использовании на практике некорректной формулы (2) для различных длин волн λ дают следующие значения: при $\lambda = 1,06$ мкм, $b = 3$ мм/км; $\lambda = 0,82$ мкм, $b = 4,9$ мм/км; $\lambda = 0,63$ мкм, $b = 8$ мм/км; $\lambda = 0,56$ мкм, $b = 10$ мм/км; $\lambda = 0,48$ мкм, $b = 14$ мм/км.

Поэтому для всех ранее выполненных и осуществляемых в настоящее время измерений светодальномерами и электронными тахеометрами стоит задача их исправления для получения корректных результатов измерений. Эта задача усложняется и тем, что в современных приборах ввод поправок за метеоусловия осуществляется автоматически для стандартных условий с использованием некорректного показателя преломления атмосферы. Затем с использованием таблиц выполняется дополнительный учет некорректного показателя преломления за отличие реальных метеоусловий от стандартных. В результате на практике используются данные измерений с НПП для реальных условий. Поэтому в данной работе решалась задача исправления результатов светодально-

мерных измерений, вычисленных с НПП для получения результатов, исправленных за КПП.

Поскольку $n_H > n_K$, то расстояние измеренное с использованием некорректного показателя преломления, значение $D_H = D_0 n_H$ будет превосходить корректное действительное расстояние $D_K = D_0 \cdot n_K$.

Поэтому формулу для определения поправки ΔD представим в следующем виде

$$\Delta D = D_H - D_K.$$

Используя это выражение, получим формулы для исправления результатов некорректных измерений путем введения соответствующих поправок в измеренные расстояния. С этой целью в формулу для определения поправки ΔD в некорректное расстояние D_H подставим в формулы (1–4) и представим их в следующем в виде:

$$\begin{aligned} \Delta D = D_H - D_K &= D_0(n_H - n_K) \approx D_H(n_H - n_K) = D_H(N_H - N_K) 10^{-6} = \\ &= D_H (N_{OH} - N_{OK}) \frac{T_0 \cdot P}{P_0 \cdot T}. \end{aligned} \quad (5)$$

Для стандартных условий при температуре $t_0 = 15^\circ\text{C}$ и давлении $P = P_0 = 760$ мм рт. ст. для длины волны $\lambda = 0,82$ мкм получим значения $N_{OH} = 295,2381$ и $N_{OK} = 290,3116$. Тогда формула (5) принимает вид

$$\Delta D = D_H \cdot (N_{OH} - N_{OK}) \cdot 10^{-6} = D_H \cdot 4,9265 \cdot 10^{-6}. \quad (6)$$

Используя полученную формулу (6), выполним предварительный расчет поправки ΔD для расстояния $D_H = 1\,122,1745$ м в стандартных условиях. В результате получим, что поправка ΔD за использование НПП для расстояния $D_H = 1\,122,1745$ м составит 5,5275 мм.

Это дает основание полагать, что при измерении линии длиной 5 км для современного дальномера с длиной волны инфракрасного излучения, например, $\lambda = 0,82$ мкм и с инструментальной точностью отсчета 0,1 мм погрешность, обусловленная некорректным показателем преломления, составит 24,6 мм и превысит инструментальную погрешность отсчета в 246 раз. Поэтому использование предложенных в данной работе алгоритмов позволит существенно повысить точность выполнения геодезических работ с использованием светодальномерных измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кошелев А.В. и др. Об аттестации светодальномеров, электронных тахеометров и GPS-приемников на эталонных линейных базисах // Геодезия и картография. – 2011. – № 6. – С. 18–21.

2. Электрооптические и радиогеодезические измерения / Под ред. Большакова В.Д. [и др.]. – М., 1985. – 303 с.

3. Кошелев А.В. К определению показателя преломления атмосферы для высокоточных геодезических измерений // Геодезия и картография. – 2010. – № 3. – С. 3–7.

4. Кошелев А.В. Учет влияния показателя преломления на результаты светодальномерных измерений // Геодезия и картография. – 2011. – № 2. – С. 4–8.

Получено 14.02.2012

© А.В. Кошелев, А.П. Карпик, С.С. Овчинников, А.А. Дубинина, 2012

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ



УДК 631

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОЕКТАХ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ ТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Валерий Борисович Жарников

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, профессор кафедры кадастра СГГА, тел. (383)361-05-66, e-mail: vestnik@ssga.ru

Вера Николаевна Шукина

Тюменский государственный архитектурно-строительный университет, 625000, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2, старший преподаватель кафедры геодезии и фотограмметрии ТГАСУ, тел. (909)190-01-92, e-mail: shukina82@mail.ru

В статье рассмотрено обеспечение условий устойчивого землепользования в проектах разработки месторождений полезных ископаемых на территориях традиционного природопользования на примере Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Представлены рекомендации по использованию методики исчисления убытков общинам коренных малочисленных народов и других показателей устойчивого землепользования.

Ключевые слова: устойчивое землепользование, территории традиционного природопользования, рекультивация.

MAINTENANCE OF CONDITIONS OF STEADY LAND TENURE IN PROJECTS OF DEVELOPMENT OF DEPOSITS IN TERRITORIES OF TRADITIONAL WILDLIFE MANAGEMENT

Valery B. Zharnikov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Prof., Department of cadastre SSGA, tel. (383)361-05-66, e-mail: vestnik@ssga.ru

Vera N. Shyukina

Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering, 625000, Tyumen, 2 Lunacharskogo, senior teacher, department of geodesy and photogrammetry TSUACE, tel. (909)190-01-92, e-mail: shukina82@mail.ru

In clause maintenance of conditions of steady land tenure in projects of development of deposits of minerals in territories of traditional wildlife management on an example Khanty-Mansiysk autonomous region-Ugra is considered. Recommendations on use of a technique of calculation of

losses are presented to communities to aboriginal small-in-number people and other parameters of steady land tenure.

Key words: steady land tenure, territories of traditional wildlife management, recultivation.

Проблема рационального использования земельных ресурсов в значительной степени разрешается эффективной системой управления, одним из главных звеньев которой является ее нормативное правовое обеспечение и основанный на нем правовой механизм регулирования земельных отношений [1, 2]. В современных условиях именно такой механизм является определяющим, в том числе в системе управления северными и сибирскими территориями.

Известно, что именно эти территории с 60-х гг. прошлого столетия превратились в основной источник минерального сырья и углеводородов, обеспечивших России высокий международный статус и авторитет.

Первое место по добыче нефти в Российской Федерации занимает Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО). В ХМАО открыто более 400 месторождений, выдано более 283 лицензий на проведение добычи и поисково-разведочных работ на нефть и газ [3].

Одновременно эти территории являются исконной средой проживания коренных малочисленных народов (КМН). Выделение территорий традиционного природопользования является важнейшей мерой правовой защиты экономических и социальных интересов коренного населения.

Декларируемые нефтегазодобывающими предприятиями программы и системы защиты земельных и иных природных ресурсов далеки от совершенства, дают невысокий эффект при достаточно высоких затратах времени и средств. Поэтому активное промышленное освоение северных и сибирских регионов, оказывающее негативное воздействие на компоненты окружающей природной среды вследствие низкой экологичности технологий добычи полезных ископаемых и высокой степени аварийности, сокращает ареалы традиционной хозяйственной деятельности, дестабилизирует природные процессы, создает «антропогенные пустыни», сокращает видовой состав флоры и фауны, а также продолжительность человеческой жизни.

На современном этапе правовые вопросы образования, охраны и использования земель традиционного природопользования регламентируются Конституцией РФ, Земельным Кодексом РФ, рядом федеральных законов, а также нормативно-правовыми актами субъектов Российской Федерации.

В случае изъятия земельных участков и других обособленных природных объектов, находящихся в границах территорий традиционного природопользования, для государственных или муниципальных нужд лицам, относящимся к малочисленным народам, и общинам малочисленных народов предоставляются равноценные земельные участки и другие природные объекты, а также возмещаются убытки [4].

Региональным законодательством [5] регламентированы дополнительные к федеральным требования по осуществлению хозяйственной деятельности, не связанной с традиционным природопользованием и традиционным образом жизни малочисленных народов:

1) при разработке проектной документации хозяйственной деятельности схема размещения промышленных объектов, в том числе буровых скважин и иных сооружений временного и постоянного характера, подлежит согласованию с субъектами права традиционного природопользования;

2) размещение транспортных путей, обслуживающих перевозки, должно предусматривать минимальное количество переправ через реки (ручьи) с учетом требований природоохранного законодательства;

3) при использовании авиации для доставки пассажиров и грузов на место непосредственной хозяйственной деятельности маршрут и график авиаперевозок должны исключать полеты над местами отела и выпаса оленей;

4) вокруг промышленных и иных сопутствующих объектов, определенных совместно с субъектами права традиционного природопользования (их уполномоченными представителями), осуществляется установка ограждений (коралей);

5) по требованию субъектов права традиционного природопользования им представляются планы природоохранных мероприятий и информация об их исполнении.

То есть без согласия представителей коренных народов не подлежат отчуждению земельные участки, находящиеся в границах территорий традиционного природопользования.

Для создания организационно-территориальных условий, обеспечивающих устойчивое и рациональное использование и охрану земельных ресурсов, рядом авторов [6, 7] подчеркивается необходимость совершенствования разработки землеустроительной документации, начиная со схем использования и охраны земельных ресурсов как в целом на территории Крайнего Севера, так и по отдельным регионам, и заканчивая проектами внутрихозяйственного землеустройства оленеводческо-промысловых и общинно-родовых хозяйств.

Выделение земель предприятиям, ведущим разработку газовых и нефтяных месторождений, осуществляется в виде горного отвода. При предоставлении лицензии на пользование недрами устанавливаются предварительные границы горного отвода. Его уточненные границы устанавливаются после рассмотрения и утверждения проекта разработки месторождения нефти или газа [8].

Подробнее взаимосвязь природоохранных мероприятий с основными процессами проектирования разработки месторождений представлены на рисунке.

Границы горного отвода окончательно устанавливаются на основании проекта разработки месторождения, при составлении которого обязательно планируются мероприятия по рекультивации. Здесь же приводятся сведения о размере средств, требующихся для возмещения убытков правообладателям земельных участков, в случае их изъятия во временное и (или) постоянное пользова-

ние. Кроме того, организациями, осуществляющими разведку месторождений, добычу нефти, переработку, транспортировку, хранение нефти, нефтепродуктов, газового конденсата разрабатываются планы по предупреждению и ликвидации разливов нефти, нефтепродуктов, при составлении которых также разрабатывается комплекс мероприятий по рекультивации нефтезагрязненных участков.



Рис. Взаимосвязь природоохранных мероприятий в проекте разработки месторождений

На стадии эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли (НГО) в случае аварийного разлива нефтепродуктов разрабатывают проект рекультивации нефтезагрязненных земель, выполняют расчет ущерба компонентам окружающей природной среды при составлении акта технического расследования.

Таким образом, важнейшими составляющими охраны земель традиционного природопользования (ТПП) и защиты интересов коренного населения при разработке месторождений полезных ископаемых являются:

- оптимальное размещение границ горного отвода;
- проектирование рекультивационных мероприятий;
- возмещение убытков правообладателям земельных участков в случае их изъятия во временное и (или) постоянное пользование;
- определение ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах.

На стадии поиска и разведки месторождений полезных ископаемых происходит в основном механическое нарушение грунта и незначительное загрязнение почв буровыми растворами. Природоохранные требования заключаются в ведении работ строго в границах предоставленного отвода, контроле за работой строительной техники, проведением технической рекультивации. Восстановление плодородия земель при этом, как правило, происходит естественным путем.

Наибольший ущерб компонентам окружающей природной среды, а также традиционному природопользованию наносится вследствие порывов трубопроводов, вызванных различными причинами. В этих условиях одним из основных мероприятий, направленных на соблюдение принципов устойчивого землепользования и охраны земель, является рекультивация нефтезагрязненных земель. При составлении проекта рекультивации выполняется определение границ и площади нефтезагрязненного участка, а также отбор проб для химического анализа с целью выбора соответствующих материалов и технических средств [9].

По факту разлива составляют «Акт технического расследования отказа нефтепровода», в который включается величина ущерба, определяемая по методике [10].

В целях обеспечения реализации Концепции устойчивого развития КМН РФ от 4 февраля 2009 г. № 132-р разработана Методика исчисления размера убытков, причиненных объединениям КМН... [11].

Исчисление общего размера убытков при ухудшении качества ($C_{уб\ ух}$) проводится по общей схеме [11]:

$$C_{уб\ ух} = C_{зд\ ух} + C_{ув\ ух} + C_{прр\ ух},$$

где $C_{зд\ ух}$ – реальный ущерб имуществу при ухудшении качества;

$C_{ув\ ух}$ – упущенная выгода при ухудшении качества;

$C_{прр\ ух}$ – прочие, документально подтвержденные расходы правообладателя при ухудшении качества.

Размер упущенной выгоды при ухудшении качества зависит от следующих факторов:

- площади участка с ухудшенным качеством;
- степени ухудшения качества;

- периода времени восстановления качества земель и других природных ресурсов;
- периода времени восстановления нарушенного производства;
- ежегодного валового дохода по видам традиционной хозяйственной деятельности, руб./га;
- ставки дисконтирования.

На наш взгляд, исчисление убытков в соответствии с Методикой [11] целесообразно осуществлять при составлении проектов рекультивации, поскольку большая часть информации для расчета может быть получена именно на этой стадии.

Обобщая вышеизложенное, приходим к выводу, что обеспечение устойчивого, безопасного землепользования при ведении хозяйственной (промышленной) деятельности на территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ связано с необходимостью выполнения следующих условий:

1) формированием необходимого нормативного правового обеспечения, позволяющего следовать основным принципам земельного законодательства, закрепленным в ст. 1 Земельного кодекса: учет значения земли как основы жизни и деятельности человека; соблюдение приоритета охраны земли как важнейшего компонента окружающей среды и средства производства, приоритета сохранения особо ценных земель и земель особо охраняемых территорий;

2) созданием необходимых организационно-территориальных условий при размещении объектов нефтегазовой отрасли, отвечающих требованиям рационального использования земель;

3) объективной оценкой ущерба окружающей природной среде и убытков традиционному природопользованию в случае аварийных ситуаций.

Вместе с тем отметим, что оценка ущерба и убытков в указанных условиях вряд ли когда-нибудь будет полностью соответствовать приоритетным позициям, закрепленным в Земельном кодексе. Поэтому не менее важно оценить природоохранное качество указанных мероприятий в целом, используя специальные оценки и методики, таковыми, в частности, являются так называемые индикаторные задачи [12], формулируемые в процессе планирования разработки месторождений. Индикаторами рационального хозяйственного использования земель традиционного природопользования в этом случае выступают: площади земель, переданные под иные нецелевые виды их использования; площади рекультивированных земель, а также расчетные значения реальных ущербов окружающей природной среде и убытков объединениям коренных малочисленных народов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Российская Федерация. Законы. Земельный кодекс Российской Федерации. – М.: Проспект, 2008. – 112 с.
2. Российская Федерация. Законы. О землеустройстве: федер. закон (принят Гос. Думой 24 мая 2001 г.). – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Атлас ХМАО-Югры. Том II. Природа. Экология. – Ханты-Мансийск; М., 2004.
4. Российская Федерация. Законы. О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации : федер. закон (принят Гос. Думой 04 апреля 2001 г.) // Российская газета. – № 88. – 11.05.2001 г. (с изм. от 23.07.2008 № 160-ФЗ).
5. Закон ХМАО – Югры от 28.12.2006 № 145-оз. О территориях традиционного природопользования коренных малочисленных народов Севера регионального значения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре (принят Думой ХМАО – Югры 27.12.2006) // «Новости Югры». – № 7. – 19.01.2007 г.
6. Волков С.Н. Землеустройство. Теоретические основы землеустройства. Т. 1. – М.: Колос, 2001. – 496 с.
7. Емельянова Т.А. Организация рационального использования и охраны земельных ресурсов северных территорий Российской Федерации (теория, методика, практика): монография. – М.: ГУЗ, 2004. – 324 с.
8. Постановление Госгортехнадзора РФ. Об утверждении инструкции о порядке предоставления горных отводов для разработки газовых и нефтяных месторождений (утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 11 сентября 1996 г. № 35) // «Российские вести». – № 197. – 17.10.1996 г.
9. Типовой проект рекультивации загрязненных нефтью земель на месторождениях ОАО «Юганскнефтегаз». – Тюмень: ООО «Институт экологии и природопользования», 2004.
10. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах (утв. Минтопэнерго РФ 01.11.1995 г.). – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
11. Методика исчисления размера убытков, причиненных объединениям коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации в результате хозяйственной и иной деятельности организаций всех форм собственности и физических лиц в местах традиционного проживания и традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Российской Федерации (утв. Приказом Министерства регионального развития РФ от 09.12.2009 № 565). – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
12. Щукина В.Н. Разработка методики информационного обеспечения охраны и рекультивации земель традиционного природопользования : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2011. – 23 с.

Получено 09.02.2012

© В.Б. Жарников, В.Н. Щукина, 2012

УДК 528.44:528.91:004:332

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Анастасия Леонидовна Ильиных

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, старший преподаватель кафедры кадастра СГГА, тел. (383)344-31-73, e-mail: ilinykh_al@mail.ru

В статье приведено описание базы данных, разработанной в качестве основы автоматизированной информационной системы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: государственный мониторинг земель, автоматизированная информационная система мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, база данных.

STRUCTURE AND CONTENT OF DATABASE OF AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING AGRICULTURAL LAND

Anastasiya L. Ilyinykh

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., lecturer, Department of cadastre SSGA, tel. (383)344-31-73, e-mail: ilinykh_al@mail.ru

The paper describes the database development as a basis of automated information system for monitoring of agricultural land.

Key words: land monitoring, automated information system for monitoring of agricultural land, database.

Развитие аграрного производства предполагает высокоэффективную систему земледелия. В свою очередь, создание такой системы в настоящее время вряд ли возможно без внедрения высокоэффективных технологий сбора и обработки информации по сельскохозяйственным показателям.

Для информационного обеспечения мониторинга сельскохозяйственных земель требуются современные методы и средства получения, хранения, обработки и представления разнообразной информации, а также средства обмена информацией. К ним относятся методы сбора значительного объема данных по множеству показателей с весьма значительных по площади территорий. Кроме того, должны быть представлены собранные данные в цифровом виде, пригодном для использования в информационных, в том числе геоинформационных системах. Эти системы должны объединять пространственные географические данные, аэро- и космические изображения а также тематические данные по множеству сельскохозяйственных параметров, представленных в картографической и табличной формах. Такие системы можно использовать для выведения

значительных массивов информации на экран или на твердую копию в удобных для пользователя видах.

Очевидно, что для оперативного и эффективного осуществления всех мероприятий по ведению мониторинга земель и дальнейшего использования полученной информации для целей управления земельными ресурсами сельскохозяйственного назначения необходимо создание автоматизированной информационной системы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения (АИС МЗ) [1].

Создание автоматизированной информационной системы государственного мониторинга земель, позволяющей обоснованно судить о степени воздействия негативных процессов и явлений, вскрывать закономерности их развития, проводить диагностику и оценку, разрабатывать меры по предупреждению и устранению последствий, на более высоком качественном уровне осуществлять контроль за состоянием земель, их использованием и охраной, предусматривалось Постановлением Совета Министров – Правительства РФ от 5 февраля 1993 г. № 100 «О Государственной программе мониторинга земель Российской Федерации на 1993–1995 годы». Тем не менее, эта программа до сих пор не нашла своей практической реализации.

Концептуальная модель автоматизированной информационной системы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, основные требования к ее программному и техническому обеспечению и система показателей АИС МЗ были рассмотрены ранее в работах [2–5]. Основу АИС МЗ составляет база геопространственных данных.

В настоящее время для решения задач территориального управления уже недостаточно использования только геопространственной информации в виде топографических и тематических карт и планов, необходимо наличие баз данных разнородной информации, такой как сведения о состоянии и использовании земельных ресурсов. Такое комплексное хранение информации предопределяет использование геоинформационных технологий.

При создании базы геопространственных данных АИС МЗ была разработана структура и сформулированы основные принципы организации базы данных, которые могут быть представлены в следующем виде:

а) единство информационной базы данных, содержащей в себе сведения из всех возможных источников;

б) осуществление передачи информации заинтересованным пользователям из единой базы данных;

в) наличие инструментария, применяемого для ввода, преобразования и анализа данных обращающегося непосредственно в единую базу данных с хранением в ней результатов работ;

г) земельные участки и прочно связанные с ними объекты недвижимого имущества выступают в качестве ключевых объектов управления.

Укрупненная модель базы данных АИС МЗ показана на рис. 1.

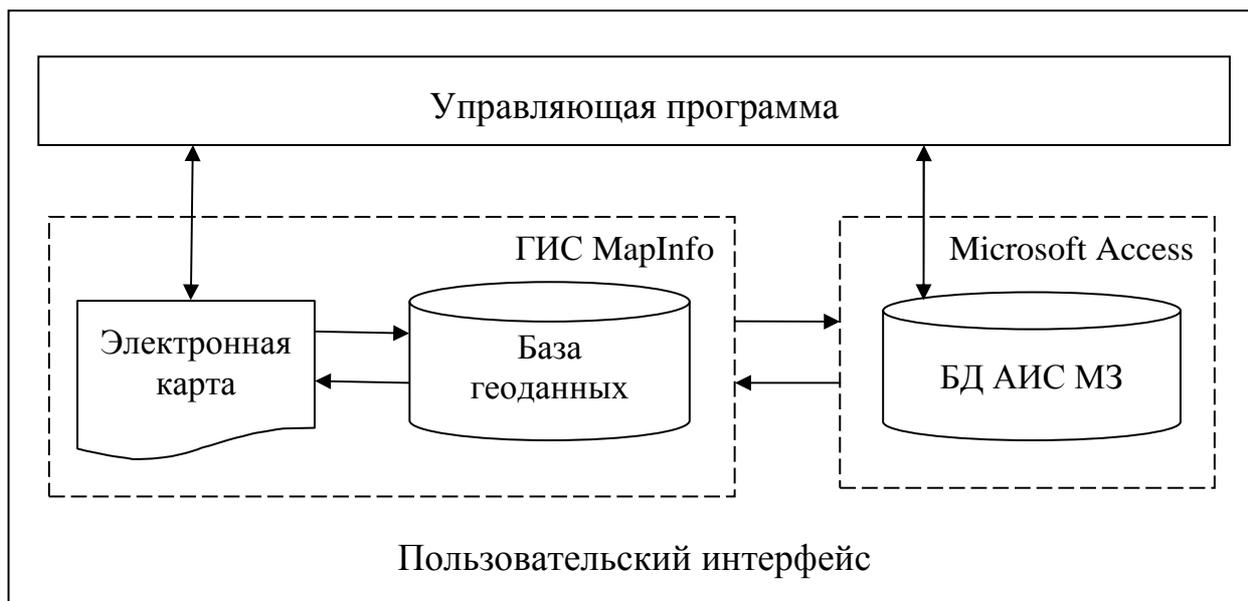


Рис. 1. Укрупненная модель базы данных АИС МЗ

Структура базы данных АИС МЗ может быть представлена в виде совокупности подсистем, компонентами которых являются:

- подсистема информации о природных условиях;
- подсистема информации о состоянии почвенного покрова;
- подсистема информации о состоянии поверхностных и грунтовых вод;
- подсистема информации о состоянии растительности;
- подсистема информации о состоянии земной поверхности;
- подсистема информации о загрязнении окружающей природной среды;
- подсистема информации земельно-кадастровых данных;
- подсистема информации о недвижимом имуществе;
- подсистема информации о людских ресурсах исследуемой территории;
- подсистема информации о нормативно-правовых актах земельного законодательства.

Важным звеном в организации данных в ГИС являются модели атрибутивных данных. В настоящее время в ГИС применяются следующие модели атрибутивных данных: реляционная (записи фиксированного формата); объектно-ориентированная; объектно-реляционная [6].

При создании атрибутивной БД на уровне компьютерной реализации вопрос выбора СУБД и формата хранения данных определяется требованиями эффективности обработки данных и их достаточно легкого конвертирования в другие необходимые для обработки данных форматы.

В нашем случае при разработке базы данных в качестве модели атрибутивных данных применена реляционная модель. Это объясняется рядом ее достоинств, среди которых следует отметить следующие: простая структура, оптимизирована для возможности построения запросов и анализа, работает быстро

и эффективно благодаря прямому доступу к данным (90 % всех данных в мире хранят именно в этой модели данных) [6, 7].

Основу АИС МЗ составляет база данных, в которую входят база данных предметных областей и база геоданных, в том числе банк цифровых карт на исследуемую территорию.

База данных о состоянии территории строится на основе сведений, поступающих из различных источников и, в том числе, баз данных организаций, занимающихся регулярными или периодическими наблюдениями за состоянием и использованием земель сельскохозяйственного назначения: Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр), Министерства сельского хозяйства (Минсельхоз), Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Федерального агентства по управлению государственным имуществом (Росимущество), Федеральной службы государственной статистики (Росстат), Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор), Федерального космического агентства (Роскосмос), сети Интернет и др.

Модель пространственных данных в системе базируется на минимальном наборе географических элементов (точках и полигонах), хранящихся в векторном формате и содержащих координаты и атрибуты (тип элемента, тематический слой, масштабность). Пространственные и атрибутивные данные связываются через ключевые поля на основе системных идентификаторов картографических баз данных, получаемых из ГИС MapInfo, и прикладных идентификаторов из атрибутивных баз данных в формате DBF.

Информационно-программными компонентами тематической (атрибутивной) базы данных, обеспечивающими полное функциональное покрытие сервисных процедур накопления, обработки и отображения данных, формируется по следующим основным направлениям и включаемым в них системным задачам:

- проектирование, наполнение и ведение атрибутивных баз данных различного тематического содержания;
- двусторонний обмен информацией между атрибутивными и пространственными данными;
- привязка атрибутивной информации к графическим объектам электронных карт;
- формирование запросов и поиск атрибутивной информации с идентификацией объектов электронной карты и возможностью получения информации об этих объектах;
- получение отчетов в табличном, текстовом и графическом видах.

База данных объединяет возможность легкого доступа к информации с возможностью выбора (с помощью специальных запросов) и обобщения всей имеющейся информации по временным интервалам, территориям и земельным участкам, как показано на рис. 2.

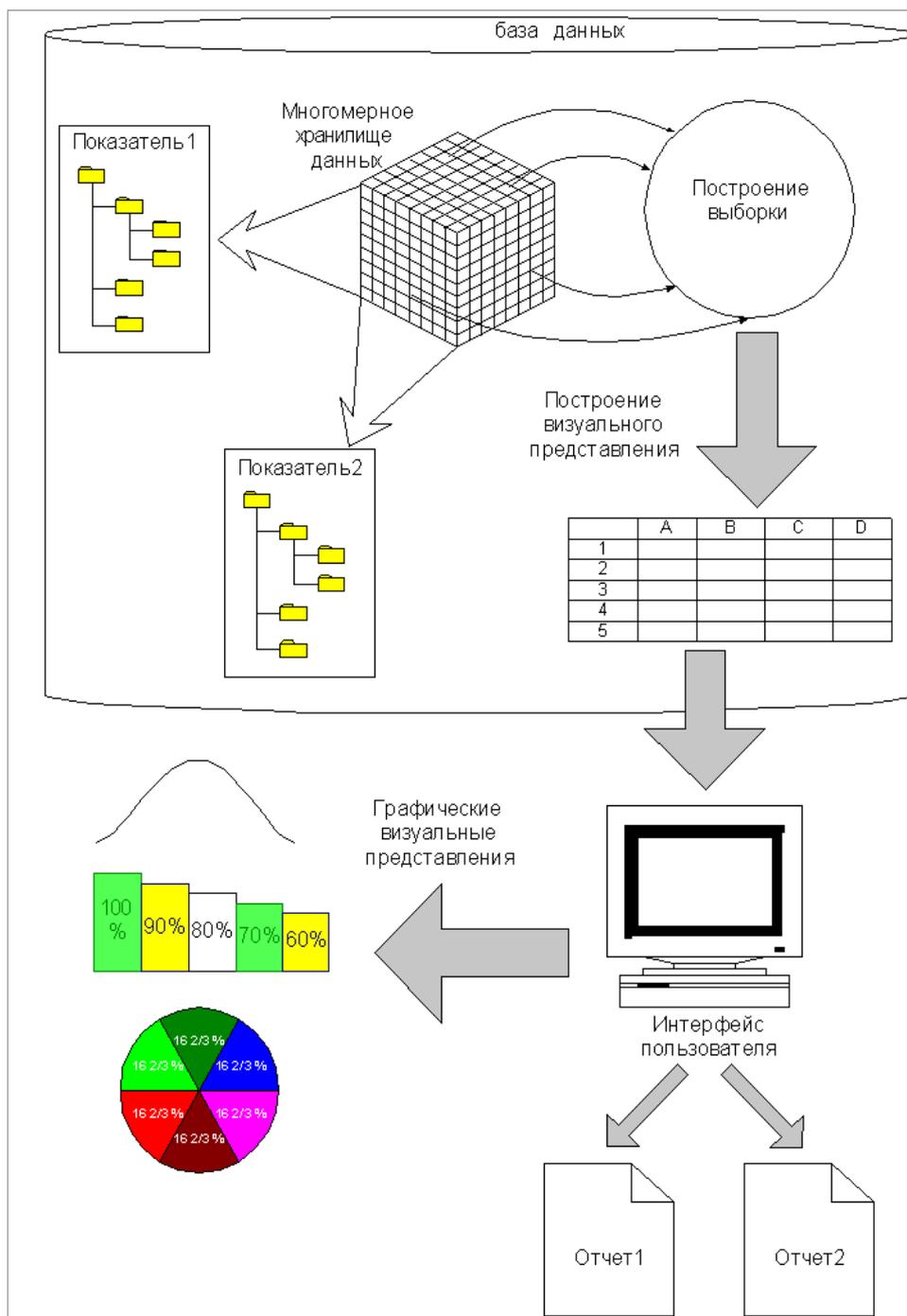


Рис. 2. Схема представления данных в базе данных

Выходная информация представляется в виде отчетов по результатам работы, сохраняемых в базе данных. Внешние формы выходных документов определяются проводимыми исследованиями и необходимостью представления результатов, в том числе имеют вид электронной карты местности исследуемой территории.

Разработанная база данных позволяет решать следующий ряд задач:

- ввод, накопление, хранение и редактирование информации о полученных результатах наблюдений обследований;

- экспорт данных, собранных с помощью специального оборудования;
- контроль корректности полученных результатов;
- формирование промежуточных отчетов по результатам обследований для последующей их обработки;
- поиск по базе данных необходимой информации (сведений и т. п.) за определенный период;
- привязка полученных данных к соответствующей электронной карте ГИС.

Таким образом, применение разработанной базы данных позволит актуализировать информацию о земельных ресурсах, недвижимом имуществе, природных условиях, состоянии почвенного покрова, состоянии поверхностных и грунтовых вод, состоянии растительности, состоянии земной поверхности, загрязнении окружающей природной среды, людских ресурсах исследуемой территории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильиных А.Л. Разработка базы данных автоматизированной информационной системы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // ГЕО-Сибирь-2011. Т. 3. Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью. Ч. 2: сб. матер. VII Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2011», 19–29 апреля 2011 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2011. – С. 120–124.
2. Гиниятов И.А., Ильиных А.Л. К вопросу о создании автоматизированной информационной системы для целей управления территориями агропромышленного комплекса // Геодезия и картография. – 2008. – № 2. – С. 51–53.
3. Гиниятов И.А., Ильиных А.Л. Концептуальная модель автоматизированной информационной системы для целей управления агропромышленного комплекса // ГЕО-Сибирь-2008. Т. 2. Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью. Ч. 1: сб. матер. IV Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2008», 22–24 апреля 2008 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2008. – С. 129–131.
4. Гиниятов И.А., Ильиных А.Л. Выбор системы показателей автоматизированной информационной системы мониторинга земель для целей управления агропромышленным комплексом // ГЕО-Сибирь-2009. Т. 3. Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью. Ч. 2: сб. матер. V Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2009», 20–24 апреля 2009 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2009. – С. 165–169.
5. Ильиных А.Л. Основные требования к автоматизированной информационной системе мониторинга земель для целей управления агропромышленным комплексом // Сборник аспирантов и молодых ученых СГГА. – Новосибирск: СГГА. – 2009. – Вып. 6. – С. 41–45.
6. Кузнецов С.Д. Базы данных. Модели и языки: учебник для вузов по специальности и направлению «Прикладная математика и информатика» и по направлению «Информационные технологии». – М., 2008. – 720 с.
7. Балдин А.В., Брешенков А.В. Анализ проблемы проектирования реляционных баз данных на основе использования табличного вида и разработка модели методики проектирования. – М., 2007. – 147 с.

Получено 17.02.2012

© А.Л. Ильиных, 2012

УДК 528.44

О КЛАССИФИКАЦИИ ДОКУМЕНТОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ

Ильгиз Ахатович Гиниятов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханового, 10, кандидат технических наук, профессор кафедры кадастра СГГА, тел. (383)344-31-73, e-mail: kadastr204@yandex.ru

В статье предлагается классификация документов государственного кадастра недвижимости.

Ключевые слова: государственный кадастр недвижимости (ГКН), ведение ГКН, документы ГКН, классификация, унификация.

ABOUT CLASSIFICATION OF DOCUMENTS OF THE STATE CADASTRE OF REAL ESTATE

Ilgis A. Giniyatov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D., Professor, Department of Cadastre SSGA, tel. (383) 344-31-73, e-mail: kadastr204@yandex.ru

The article proposes a classification of documents of state real estate cadastre.

Key words: state cadastre of real estate (OCG), keeping the OCG, the OCG documents, classification, unification.

1 марта 2008 года вступил в силу Федеральный закон «О государственном кадастре недвижимости» [1], который положил начало работам по созданию и ведению государственного кадастра недвижимости (ГКН). Чуть позже, в мае 2008 года, прекратил свое существование государственный земельный кадастр (ГЗК). Однако, в течение всех первых лет создания и ведения ГКН вольно или невольно, но приходилось сравнивать все нововведения со старым, уже утвердившимся в сознании порядком создания и ведения кадастра – земельного. Это присутствовало во всем: в основных понятиях кадастра, терминах и определениях, основных разделах кадастра, порядке его ведения. При этом не составили исключения и документы кадастра.

При ведении ГЗК была четко определена система документов, их классификация, формы, порядок их заполнения и другие сопутствующие моменты. Достаточно вспомнить Единую систему технологической документации ГЗК (ЕСТД ГЗК), которая достаточно подробно и детально определяла состав всех документов, их формы и порядок их ведения. Одно лишь наименование документа позволяло однозначно определить, что это за документ, к какому классу относится и какую информацию содержит.

К сожалению, ничего подобного нельзя сказать о новом законе о ГКН. В нем практически отсутствует само упоминание о документах кадастра, не говоря уже о какой-либо классификации. Все это приводит к существенному неудобству как при ведении кадастра, так и, в еще большей степени, при его изуче-

нии и, в частности, при его изучении студентами, обучающимися по направлению 120700 «Землеустройство и кадастры». Закон [1] упоминает лишь об основных разделах ГКН: реестре объектов недвижимости, кадастровых делах и кадастровых картах. В то же время на практике имеет место гораздо большее количество различных документов, необходимых при выполнении кадастровых работ, при ведении государственного кадастрового учета недвижимого имущества, при предоставлении сведений ГКН, информационном взаимодействии и т. п.

Поэтому, на наш взгляд, актуальным в настоящее время является вопрос об установлении всех необходимых документов, имеющих место при ведении ГКН, а также их классификации и унификации.

Под ведением ГКН принято понимать совокупность работ по сбору, систематизации, документированию, хранению и предоставлению сведений о недвижимом имуществе. Таким образом, на наш взгляд, для установления всех документов ГКН необходимо учесть все возможные виды работ, имеющих место при ведении ГКН, и документы, которые при этом формируются и ведутся. Сюда следует отнести кадастровые работы, государственный кадастровый учет недвижимого имущества (ГКУНИ), предоставление сведений ГКН, информационное взаимодействие между органами, занимающимися ведением ГКН, и органами государственной и муниципальной власти.

Все документы можно подразделить на пять групп. Первая – это документы, содержащие необходимые сведения для ГКУНИ и являющиеся основанием для внесения сведений в ГКН. Сюда нужно отнести межевой план, технический план и акт обследования недвижимого имущества. Вторая группа документов может быть определена как совокупность форм ГКУНИ: это заявления о постановке на ГКУНИ, протоколы проверки документов, решения о постановке недвижимого имущества на ГКУНИ, уведомления о постановке либо о приостановлении ГКУНИ, книги учета заявлений и выдачи сведений ГКН и т. п. Третья группа – это документы, непосредственно содержащие сведения ГКН: это реестр объектов недвижимости, кадастровые дела, кадастровые карты и журналы учета кадастровых номеров. Четвертая группа представлена документами, которые предоставляют сведения ГКН всем заинтересованным физическим и юридическим лицам: это кадастровый паспорт, кадастровая выписка и кадастровый план территории. И пятая группа документов – документы информационного взаимодействия: это различного рода справки установленного образца, отчеты и т. п.

Из всей совокупности перечисленных документов нужно выделить две группы: основные и дополнительные. Здесь, на наш взгляд, необходимо исходить из сущности ГКН. По определению, ГКН – это систематизированный свод сведений об учтенном недвижимом имуществе, сведений о прохождении Государственной границы Российской Федерации, о границах между субъектами Российской Федерации, границах муниципальных образований, границах населенных пунктов, сведений о территориальных зонах, сведений о зонах с особым режимом использования и иных установленных законодательством сведений. Таким образом, главное – это сведения о недвижимом имуществе, содержащиеся в ГКН, а они могут быть представлены как в текстовой, так и в графической форме и содержатся

в реестре объектов недвижимости, кадастровых картах и кадастровых делах как совокупности документов. Кроме того, нужно учесть, что обязательной процедурой ГКУНИ является присвоение и внесение в ГКН кадастрового номера объекта недвижимости, который фиксируется в журнале учета кадастровых номеров. Отсюда следует, что к основным документам ГКН необходимо отнести: реестр объектов недвижимости, кадастровые карты, кадастровые дела и журналы учета кадастровых номеров. Тогда все остальные документы автоматически становятся дополнительными и будут представлены четырьмя группами документов, показанными на рисунке: документы, содержащие необходимые сведения для ГКУНИ и являющиеся основанием для внесения сведений в ГКН, формы ГКУНИ, документы, предоставляющие сведения ГКН, и документы информационного обмена.



Рис. Классификация документов ГКН

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 24 июля 2007 года № 221 «О государственном кадастре недвижимости» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12154874>.

Получено 09.02.2012

© И.А. Гиниятов, 2012

УДК 349.417/.418:630

ПОСТАНОВКА НА ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КАДАСТРОВЫЙ УЧЕТ ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Анастасия Александровна Бочарова

Филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект», 630048, Россия, г. Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, 137/1, инженер, тел. (905)953-43-88, e-mail: b-anetsan@yandex.ru

В статье приведены основные проблемы, возникающие у кадастровых инженеров при постановке на государственный кадастровый учет земельных (лесных) участков в составе земель лесного фонда.

Ключевые слова: государственный кадастр недвижимости, земли лесного фонда, государственный кадастровый учет, земельный (лесной) участок.

FORMULATION OF STATE CADASTRAL REGISTRATION OF FOREST LAND: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Anastasia A. Bocharova

Branch «Roslesinforг» «Zapsiblesproekt», 630048, Russia, Novosibirsk, ul. Nemirovicha-Danchenko, 137/1, the engineer, tel. (905)953-43-88, e-mail: b-anetsan@yandex.ru

The article presents the main issues arising from the cadastral engineers in setting the state cadastral registration of land (forest) areas in the forest lands.

Key words: The state cadastre of real estate, the earth of wood fund, the state cadastral account, ground (wood) site.

Одной из основных задач, стоящих перед органами государственной власти, осуществляющими ведение государственного кадастра недвижимости (далее – ГКН), является государственный кадастровый учет земель. Данные действия по внесению в ГКН сведений о недвижимом имуществе позволяют выполнять функции управления в целом, реализации национальной и экономической политики страны.

Значительную часть территории нашей страны занимают земли лесного фонда, основная часть данных о которых не учтена в государственном кадастре недвижимости. Так, из-за отсутствия сведений о границах земельных (лесных) участков возникают наложения границ земельных (лесных) участков, являющихся собственностью Российской Федерации (далее – РФ), на земли иных категорий.

В связи с этим последние годы по государственным контрактам выполняются работы по постановке на государственный кадастровый учет (далее – ГКУ) земельных (лесных) участков в границах лесничеств субъектов РФ. В табл. 1 приведены данные по результатам выполнения указанных работ в 2008 г. филиалом ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект».

Таблица 1

Лесничества, в отношении которых в 2008 г.
филиалом ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект»
были выполнены работы по постановке на ГКУ

Наименование субъекта РФ	Наименование лесничеств	Количество участков	Площадь, га	Количество кадастровых паспортов
Алтайский край	Волчихинское	75	126 058	75
	Степно-Михайловское	18	113 825	18
Кемеровская область	Междуреченское	35	617 251	1
	Мысковское	24	290 795	1
Новосибирская область	Чулымское	15	341 146	15
Республика Алтай	Байгольское	21	299 535	1
	Телецкое	23	260 076	1
Томская область	Первомайское	29	591 682	29
Ямало-Ненецкий АО	Ямальское	185	6 733 802	185
Итого		425	9 374 170	326

Технологически процедуры постановки на ГКУ земельных (лесных) участков в составе земель лесного фонда и земельных участков иных категорий идентичны. Главное отличие заключается в размерах лесничеств. В многолесных районах площадь лесничеств колеблется от нескольких десятков тысяч до миллионов гектаров, а в малолесных – от нескольких тысяч до сотни тысяч гектаров. На рис. 1 представлена укрупненная схема постановки на государственный кадастровый учет земельных (лесных) участков в составе земель лесного фонда. В некоторых случаях указанные работы выполняются не по приведенной схеме, в зависимости от того, по образованию или уточнению границ земельных (лесных) участков осуществляются кадастровые работы.

На примере филиала ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект» рассмотрим методику осуществления работ по постановке на государственный кадастровый учет земельных (лесных) участков в границах лесничеств субъектов РФ. Кадастровую деятельность в филиале выполняют специалисты отдела кадастровых и геодезических работ, основная часть которых имеет аттестат кадастрового инженера. Срок исполнения работ по постановке на государственный кадастровый учет земельных (лесных) участков в границах лесничеств устанавливается государственным контрактом и составляет, как правило, шесть месяцев. В соответствии с приказами об определении количества лесничеств на территории субъекта и установлении их границ, утвержденных Федеральным агентством лесного хозяйства (далее – Рослесхоз), лесничество может состоять

из лесов государственного лесного фонда (далее – ГЛФ) и «сельских» лесов. Так, по материалам лесоустройства в Кемеровской области Мысковское лесничество включает только леса ГЛФ, а Прокопьевское лесничество – леса ГЛФ и «сельские» леса (Приказ Рослесхоза от 16.10.2008 г. № 300). В государственном кадастре недвижимости земли ГЛФ учтены в категории «земли лесного фонда», а земли, ранее находившихся во владении сельскохозяйственных организаций («сельские леса») – в категории «земли сельскохозяйственного назначения». Выполняются кадастровые работы по уточнению местоположения границ земельных (лесных) участков, составляющих государственный лесной фонд, и образованию земельных (лесных) участков путем раздела земель, ранее находившихся во владении сельскохозяйственных организаций.



Рис. 1. Укрупненная схема постановки на государственный кадастровый учет земельных (лесных) участков в границах лесничеств

В качестве основных исходных данных для постановки на ГКУ земельных (лесных) участков используются сведения государственного лесного реестра (далее – ГЛР), государственного кадастра недвижимости и Единого государственного реестра прав на недвижимое имущество и сделок с ним (далее – ЕГРП). В табл. 2 приведены организации и учреждения, имеющие информацию о землях лесного фонда. Картографические материалы (ортофотопланы, землеустроительные планшеты, планы земель сельскохозяйственных предприятий, лесоустроительные материалы и т. п.) заказываются в Федеральной службе реги-

страции, кадастра и картографии (далее – Управление Росреестра) и органах государственной власти субъектов РФ в области лесных отношений. С учетом полученных материалов осуществляется установление наличия посторонних землепользователей, инженерных коммуникаций и обременений, формирование границ земельных (лесных) участков. При этом координаты поворотных точек границ определяются картометрическим методом.

Таблица 2

Организации и учреждения,
имеющие информацию о землях лесного фонда

Сведения о землях лесного фонда	Наименование учреждения
Материалы государственного кадастра недвижимости	Федеральная служба регистрации, кадастра и картографии; ФБУ «Кадастровая палата»
Материалы лесоустройства или специального обследования	Федеральное агентство лесного хозяйства; орган государственной власти субъекта РФ в области лесных отношений
Материалы государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним	Федеральная служба регистрации, кадастра и картографии

Формирование межевых планов на земельные (лесные) участки выполняется в соответствии с Приказом Министерства экономического развития Российской Федерации от 24 ноября 2008 г. № 412 «Об утверждении формы межевого плана и требований к его подготовке, примерной формы извещения о проведении собрания о согласовании местоположения границ земельных участков. С 2011 г. специалистами филиала ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект» активно практикуется составление межевых планов в формате XML и предоставление в органы кадастрового учета через портал Управления Росреестра. Это значительно сокращает срок выполнения работ как для кадастровых инженеров, так и для специалистов органов кадастрового учета.

В процессе выполнения вышеперечисленных работ сотрудники филиала ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект» как исполнители сталкиваются со следующими проблемами:

- сведений в государственном кадастре недвижимости о ранее учтенных (декларированных) земельных участках недостаточно для определения их местоположения при выявлении смежных землепользований;

- при постановке на ГКУ огромных по размеру земельных (лесных) участков в составе земель лесного фонда возникает необходимость в запросе сведений ГКН в большом объеме, что требует дополнительных временных затрат (по причине загруженности работников ФБУ «Кадастровая палата» за один раз может быть принято в среднем не более 20 заявлений);

– с недостаточной точностью определены границы кадастрового деления (в большинстве субъектах при формировании границ кадастрового деления по причине отсутствия на тот момент качественных и крупномасштабных картматериалов использовались карты мелкого масштаба) по сравнению с точностью определения прохождения границ лесничеств. На рис. 2 приведен фрагмент схемы, на которой отображены расхождения границ административных округов;

– существуют расхождения сведений по площадям земель лесного фонда (площади по материалам лесоустройства и фактические площади, полученные графически с учетом кадастрового деления и существующих земельных участков, имеют значительные расхождения). В табл. 3 приведены значения расхождений площадей на примере нескольких лесничеств;

– в большинстве субъектов РФ права на земельные (лесные) участки, ранее находившиеся во владении сельскохозяйственных организаций, зарегистрированы, но соответствующие изменения в государственный кадастр недвижимости в части земель сельскохозяйственного назначения не внесены, что создает большие трудности при постановке на ГКУ данных земель как земельных (лесных) участков с категорией «земли лесного фонда». По причине отсутствия упрощенной процедуры приведения данных ЕГРП и ГКН (без перевода бывших «сельских лесов» в состав категории земель лесного фонда) данная проблема разрешается при непосредственном участии органов государственной власти субъектов РФ в области лесных отношений.

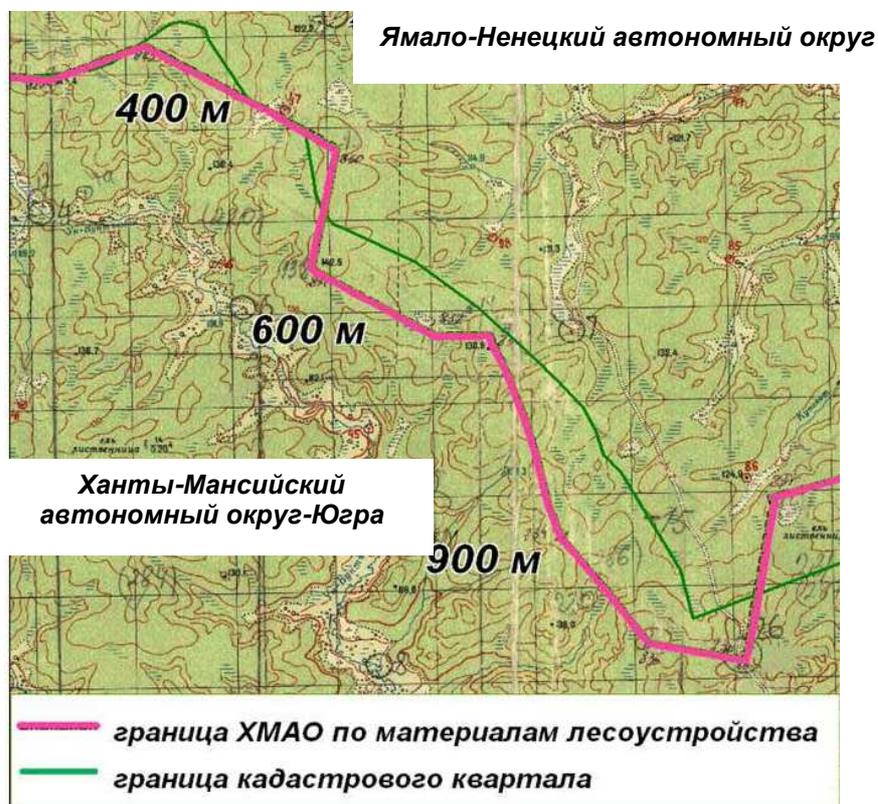


Рис. 2. Фрагмент схемы, на которой отображены расхождения границ административных округов

Таблица 3

Расхождения площадей по сведениям ГЛР со значениями площадей, полученных с учетом сведений ГКН

Наименование лесничества	Площади лесничеств, полученных по материалам лесоустройства, га	Площади лесничеств, поставленных на кадастровый учет, га	Расхождения, га
Алтайский край			
Волчихинское	124 369	126 058	1 689
Степно-Михайловское	113 960	113 825	-135
Ямало-Ненецкий автономный округ			
Ямальское	6 921 206	6 733 802	-94 546
Тюменская область			
Ярковское	381 546	380 753	793

Устранение приведенных проблем является существенным моментом в повышении качества кадастровых работ, формировании и предоставлении межевых планов в органы кадастрового учета, оперативного получения кадастровых паспортов. Не во всех регионах органами государственной власти в сфере лесных и земельных отношений понимается необходимость и серьезность постановки на государственный кадастровый учет земель лесного фонда, являющихся федеральной собственностью. А для успешного завершения работ по государственным контрактам кадастровым инженерам без содействия органов государственной власти не обойтись. Так, благодаря плодотворному сотрудничеству Департамента лесного комплекса Кемеровской области с Управлением Росреестра по Кемеровской области, постановка на ГКУ земельных (лесных) участков в границах лесничества происходит наиболее эффективно по сравнению с другими регионами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесной кодекс РФ: Новая редакция. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. – 79 с.
2. Федеральный закон от 24 июля 2007 года № 221 «О государственном кадастре недвижимости» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://base.garant.ru/12154874>.

Получено 19.01.2012

© А.А. Бочарова, 2012

ГЕОИНФОРМАТИКА



УДК 519.87:004

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРИКЛАДНОЙ ГЕОИНФОРМАТИКЕ

Игорь Георгиевич Вовк

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной информатики СГГА, тел. (383)343-18-53

Непосредственное, прямое изучение объектов, процессов и явлений в прикладной геоинформатике может быть невозможным, опасным и дорогим. Поэтому основным методом их исследования служит математическое моделирование. В настоящее время в прикладной геоинформатике применяют два основных метода математического моделирования: аналитический и имитационный. Аналитический метод математического моделирования состоит в получении результатов моделирования в виде утверждений, истинность которых устанавливается на основании доказательства. Если аналитическое моделирование не представляется возможным, то применяют имитационное моделирование. Процедура имитационного моделирования состоит в разработке моделирующего алгоритма процесса функционирования структуры системы, с учетом выбранного уровня детализации, и воспроизведении его на компьютере так, чтобы иметь возможность управлять ходом процесса имитации. В статье приведено описание этих методов моделирования и приведены примеры.

Ключевые слова: геоинформатика, математическое моделирование, аналитическое моделирование, имитационное моделирование.

MATHEMATICAL MODELING IN APPLIED GEOINFORMATICS

Igor G. Vovk

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Prof., Department of applied information SSGA, tel. (383)343-18-53

Direct studying of objects, processes and phenomena might be impossible, dangerous and expensive in applied geoinformatics. Therefore mathematical modeling becomes the basic method of their research. At present there are two basic methods of mathematical modeling: analytical and simulation. The analytical method of mathematical modeling lies in the obtaining of modeling results in the form of statements which validity is established on the basis of proving. If analytical modeling does not occur to be possible, simulation modeling is applied. The procedure of simulation modeling lies in the modeling algorithm development of a system structure functioning process,

taking into account the chosen level of detailed elaboration, and its reproduction on the computer in the way to have a possibility to operate the course of a simulation process. The description of these modeling methods and their examples are adduced in the following article.

Key words: geoinformatics, mathematical modeling, analytical modeling, simulation modeling.

Прикладная геоинформатика занимается изучением разнообразных объектов, процессов и явлений, происходящих на планете Земля, ее методы и результаты используются для прогноза и оценки риска последствий этих процессов и разработки эффективных методов управления этими процессами. Непосредственное, прямое изучение объектов, процессов и явлений может быть невозможным, опасным и дорогим. Поэтому основным методом исследования в прикладной геоинформатике служит моделирование. Модель создается для того, чтобы исследование реальной системы заменить исследованием модели. Типичными примерами моделирования в геоинформатике являются многие модели астрономии (модели Солнечной системы), геофизики (модели внутреннего строения Земли), геодезии (модели фигуры Земли), прикладной геодезии (модели пространственно-временного состояния естественных и искусственных систем), картографии (карты, как модели физической поверхности Земли) и другие.

Модели, в которых отображение объектов осуществляется математическими средствами, называют математическими моделями. В настоящее время в прикладной геоинформатике применяют два основных метода математического моделирования: аналитический и имитационный.

Аналитический метод математического моделирования состоит в получении результатов моделирования в виде утверждений, истинность которых устанавливается на основании доказательства. Доказательством называют конечную последовательность формул, каждая из которых либо является аксиомой, либо получается из предыдущих формул этой последовательности в соответствии с правилами вывода [3]. В результате устанавливают аналитическую зависимость искомых результатов от исходных данных, влияния внешней среды, состояний объекта и других его характеристик. В общем случае эта зависимость определяет связи между входными X и выходными Y переменными исследуемой системы (процесса, объекта) в виде

$$F: X \rightarrow Y; \quad X \in \Omega_x, \quad Y \in \Omega_y, \quad (1)$$

где Ω_x, Ω_y – множества значений входных и выходных переменных моделируемой системы.

Как известно, многие модели представляются системами уравнений вида

$$Lu = f, \quad (2)$$

где $u \in U, f \in F$; U, F – функциональные пространства, а L – оператор отображения U в F .

Аналитический метод моделирования состоит в получении, исследовании и решении этого уравнения. В результате формулируют выводы о существовании и единственности его решения, корректности решения, получают, если это возможно, формулы для нахождения значений искомых неизвестных и т. д. Большим достоинством аналитического моделирования является возможность получения точного решения задачи. Однако из-за большой размерности исследуемых процессов и явлений и ряда других причин область использования аналитических методов моделирования ограничивается.

В качестве примера аналитического моделирования рассмотрим модель для определения координат точек физической поверхности Земли геодезической пространственной линейной засечкой [7]. Целью моделирования здесь является определение декартовых прямоугольных координат точки по измеренным расстояниям от нее до некоторого количества точек с известными координатами.

Известно, что три плоскости пересекаются в одной точке, если смешанное произведение векторов – нормалей этих плоскостей не равно нулю. Следовательно, существует единственное решение, когда имеется четыре пункта, не лежащих в одной плоскости. Обозначим радиус-векторы этих пунктов \bar{r}_j ($j = \overline{1,4}$). Четыре таких исходных пункта обеспечивают возможность определения трех векторов $\bar{R}_1, \bar{R}_2, \bar{R}_3$, смешанное произведение которых не равно нулю. Обозначим их орт-векторы $\bar{n}_1, \bar{n}_2, \bar{n}_3$. Уравнение плоскости, проходящей через определяемую точку P и имеющей нормалью один из векторов \bar{n}_i ($i = 1,2,3$), имеет вид

$$(\bar{\rho}_P - \bar{\rho}_i) \cdot \bar{n}_i = 0, \quad (3)$$

где $\bar{\rho}_i = \bar{\rho}(Q_i)$ – радиус-вектор точки Q_i .

На рис. 1 приведена схема для определения одного из векторов $\bar{\rho}(Q_i)$.

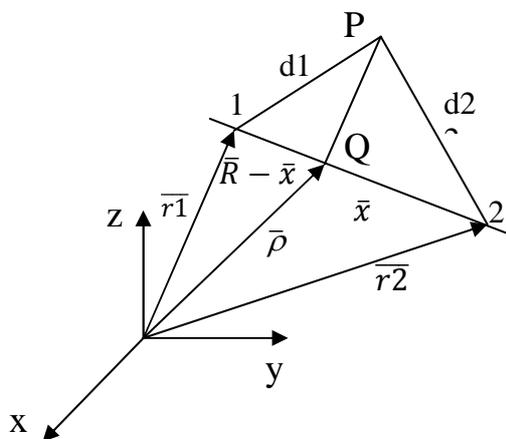


Рис. 1. Схема для определения радиус-вектора $\bar{\rho}$ точки Q

Таким образом, задача сводится к определению радиус-вектора $\bar{\rho}_i$.

Точка Q делит вектор $\bar{R} = \bar{r}_2 - \bar{r}_1$ на пропорциональные отрезки, так что справедливо равенство

$$\bar{\rho} - \bar{r}_1 = \lambda \cdot (\bar{r}_2 - \bar{r}_1) \quad (4)$$

и, следовательно,

$$\bar{\rho} = \frac{\bar{r}_1 + \lambda \cdot \bar{r}_2}{1 + \lambda}, \quad (5)$$

где λ – скалярный множитель, численно равный отношению длин отрезков, на которые точка Q делит \bar{R} . Для определения значения λ , введем обозначения (см. рис. 1)

$$\bar{x} = \bar{r}_2 - \bar{\rho}; \quad d1 = |\bar{r}_1 - \bar{\rho}|; \quad d2 = |\bar{r}_2 - \bar{\rho}|. \quad (6)$$

Умножая уравнение (2) скалярно на $(\bar{r}_2 - \bar{\rho})$ и учитывая обозначения (4), найдем

$$\frac{(\bar{d} - \bar{x}) \cdot \bar{x}}{|\bar{x}|^2} = \lambda. \quad (7)$$

Так как $(\bar{r}_2 - \bar{r}_1) \cdot (\bar{r}_1 - \bar{\rho}) = 0$, то имеет место уравнение

$$d1^2 - (\bar{d} - \bar{x})^2 = d2^2 - \bar{x}^2, \quad (8)$$

из которого найдем

$$2 \cdot \bar{d} \cdot \bar{x} = d^2 + (d2^2 - d1^2). \quad (9)$$

Подставим в (9) тождество

$$\bar{x} = \bar{d} - (\bar{d} - \bar{x})$$

и запишем

$$2 \cdot \bar{d} \cdot (\bar{d} - \bar{x}) = d^2 - (d2^2 - d1^2). \quad (10)$$

Формулы (7), (9) и (10) позволяют получить

$$\lambda = \frac{d^4 - (d2^2 - d1^2)^2}{(d^2 + (d2^2 - d1^2))^2}. \quad (11)$$

Формулы (5) и (11) позволяют находить координаты радиус-вектора $\bar{\rho}$. Теперь в уравнении (3) неизвестным остается только искомый вектор $\bar{\rho}_p$. В рассматриваемом нами случае имеется три вектора, не лежащие в одной плоско-

сти, поэтому можно составить три таких уравнения и из решения полученной системы найти радиус-вектор

$$\bar{\rho}_P = \frac{\bar{\rho}_1 \cdot \bar{n}_1 \cdot \bar{u}_1 + \bar{\rho}_2 \cdot \bar{n}_2 \cdot \bar{u}_2 + \bar{\rho}_3 \cdot \bar{n}_3 \cdot \bar{u}_3}{\bar{n}_1 \cdot \bar{n}_2 \times \bar{n}_3}, \quad (12)$$

где обозначено $\bar{u}_1 = \bar{n}_2 \times \bar{n}_3$, $\bar{u}_2 = \bar{n}_3 \times \bar{n}_1$, $\bar{u}_3 = \bar{n}_1 \times \bar{n}_2$.

Таким образом, получена аналитическая модель для определения координат точки пространственной линейной засечкой.

Не всякая аналитическая модель позволяет получить точное численное решение. В таких случаях аналитическая модель преобразуется в вычислительный алгоритм для получения численных результатов с приемлемой точностью [2].

Вычислительный алгоритм – точно определенная последовательность действий над данными, позволяющая преобразовать за конечное число операций исходный массив данных в массив выходных данных. Для каждого компьютера и заданного вычислительного алгоритма вычислительный процесс является строго детерминированным, т. е. заданному входному массиву данных однозначно соответствует последовательность операций данного компьютера, последовательность состояний компьютера и выходной массив данных. Реальный вычислительный алгоритм состоит из абстрактного вычислительного алгоритма, не связанного с конкретным компьютером и записанного или в общепринятых математических терминах или на каком-либо алгоритмическом языке, и программы (совокупности компьютерных команд), описывающей вычислительный алгоритм и организующей реализацию вычислительного процесса в конкретном компьютере. Вычислительный алгоритм характеризуется точностью, устойчивостью и экономичностью. Точность вычислительного алгоритма – это погрешность преобразования массива входных данных в массив выходных данных. Она обусловлена погрешностями модели, погрешностями аппроксимации абстрактного алгоритма вычислительным алгоритмом, погрешностями входных данных и погрешностями округления при представлении чисел в компьютере. Устойчивость вычислительного алгоритма позволяет судить о скорости накопления суммарной вычислительной погрешности. Она определяется структурой абстрактного алгоритма и влиянием ошибок округления. Чем выше устойчивость абстрактного алгоритма, тем меньше результаты вычислений зависят от выбора компьютера. Экономичность вычислительного алгоритма определяется временем работы компьютера, необходимым для получения результатов вычислений с заданной точностью.

После создания вычислительного алгоритма на одном из языков программирования пишется и отлаживается программа для выполнения вычислений на компьютере и выполняются вычисления. Вычисления ведутся по плану, предусматривающему возможность проверки и программы вычислений, и алгоритма, и результатов. Для этого должны использоваться избыточные данные, получен-

ные из независимых источников. Результаты вычислений анализируются, и принимается решение об их приемлемости или необходимости внесения изменений в модель, алгоритм или программу.

Если аналитическое моделирование не представляется возможным, то применяют имитационное моделирование. Любое воспроизведение в компьютере динамического процесса и анализ множества вариантов его реализации называют имитацией [13].

Возникновение имитационного моделирования связано с необходимостью проектирования и изучения сложных систем, недоступных для натурального или лабораторного эксперимента с целью оптимизации выбора их структурных и функциональных характеристик. В геодезии и геоинформатике имитационные модели использовались для имитации физических или информационных процессов с целью установления зависимости фазовых переменных от времени [4, 9, 5, 8, 10].

Характерной особенностью имитационного моделирования является возможность человека вмешаться в процесс моделирования с целью управления процессом на основании своего опыта и интуиции. Следовательно, процедура имитационного моделирования состоит в разработке моделирующего алгоритма процесса функционирования структуры системы, с учетом выбранного уровня детализации, и воспроизведении его на компьютере так, чтобы иметь возможность управлять ходом процесса имитации. В отличие от аналитического метода моделирования, позволяющего получать аналитические зависимости искомых неизвестных от внутренних характеристик системы и внешних условий, одиночное имитационное испытание модели может дать лишь значение некоторого неизвестного при заданных характеристиках системы. Для получения аналитических или графических зависимостей необходимы многократные испытания.

При имитации многомерных динамических систем необходимо определить правило развертывания процессов функционирования множества элементов в системе в последовательный моделирующий алгоритм [1]. Для этого интервал времени $[0, T]$, в течение которого рассматривается работа системы, разбивается на интервалы длиной Δt . В пределах каждого интервала последовательно вычисляются приращения всех процессов в модели, и производится, если это необходимо, изменение состояния отдельных элементов модели. При достаточно малых Δt получают хорошее приближение имитируемых процессов к процессам в реальной системе. Очевидно, что точность моделирования при этом достигается ценой больших затрат времени. Такой метод является наиболее универсальным методом построения имитационных моделирующих алгоритмов, хотя и наименее экономичным с точки зрения вычислительных ресурсов. Чаще всего он применяется для моделирования непрерывных динамических систем. Примером такого моделирования служит моделирование геодезических измерений в переменном поле силы тяжести [5, 4, 10, 8].

Однако данный способ малопригоден для имитации систем, динамика которых состоит в переходе из состояния в состояние, причем в промежутках между переходами состояние системы остается неизменным. Каждый такой переход связан с наступлением некоторого события в системе, например, приход входного или управляющего дискретного сигнала, отказ элемента, достижение некоторой характеристикой системы заданного порогового значения и другие. При построении алгоритма имитации функционирование системы рассматривается как совокупность параллельно протекающих процессов, состоящих из последовательности событий, изменяющих состояние системы. Событие, возникающее в системе, определяется как особое состояние [1]. Процессы в общем случае не являются независимыми, а взаимодействуют между собой. Примером может служить процедура оценки риска возникновения опасных состояний в естественных и искусственных системах.

Имитационные модели не всегда могут быть реализованы из-за неопределенности выбора вариантов моделирования среди множества альтернатив или неопределенности внешнего воздействия. В таких условиях в имитационную модель вводится неформальный элемент, с помощью которого разрешаются эти проблемы. Неформальным элементом имитационной системы служит интуиция и опыт человека.

Включение неформального элемента в имитационную модель осуществляется за счет организации диалога «человек – компьютер» [11, 13]. Диалоговый режим применяют для решения таких задач, программа решения которых в момент начала не полностью известна. Человек следит за процессом обработки в компьютере, фиксирует промежуточные результаты и по ходу решения выдает компьютеру инструкции, управляя его работой. Промежуточные результаты используются, например, для уточнения условий натурального эксперимента, они генерируют новые идеи относительно изучаемого объекта и позволяют создать новую имитационную модель, определить разнообразные свойства объекта и значения некоторых его характеристик. Главным в организации диалога является создание своеобразного алгоритма – системы вопросов, ответы на которые получают в процессе имитационного моделирования, используя формальные и неформальные методы анализа. В условиях неопределенности для повышения эффективности имитационного моделирования заблаговременно формулируются гипотезы о возможных состояниях и поведении системы и создаются модели, соответствующие этим гипотезам и сравнительно просто и эффективно реализуемые в условиях диалога.

В результате использования диалогового режима взаимодействия человека и компьютера возникает имитационная система – совокупность моделей, описывающих исследуемый объект, объединенная со специализированной системой вспомогательных программ и необходимой информационной базой. В ней объединяются интеллект человека и формальные математические методы, опирающиеся на современные вычислительные системы.

Имитационное моделирование создает информационную базу для решения проблемных ситуаций, когда способ действия для достижения результата неизвестен, приводит к нетрадиционным способам получения новых знаний и поднимает общую культуру мышления.

В качестве примера рассмотрим имитационную модель изменения пространственно-временного состояния системы.

Строительство и эксплуатация технических систем сопряжено с риском возникновения в них опасных состояний, которые сопровождаются материальным ущербом и человеческими жертвами. Причины возникновения опасных состояний разнообразны, но многие из них проявляются в движениях и деформациях системы. Анализируя движения и деформации системы, можно судить об опасности ее состояния и принимать необходимые меры для снижения риска и ущерба от возникновения опасных состояний. Разрушение многих сооружений можно было бы предвидеть при своевременном выполнении работ по наблюдению и анализу движений и деформаций системы. Движения системы – это изменения ее положения в пространстве относительно принятой неизменной системы отсчета, а деформации – движения частей системы относительно друг друга, сопровождающиеся изменениями формы и размеров всего сооружения или отдельных его частей. Форма, размеры и положение в пространстве ТС, отнесенные к некоторому моменту времени, определяют ее пространственно-временное состояние (ПВС), а функции, характеризующие ПВС системы, – характеристики состояния.

Моделирование изменений ПВС системы представляет достаточно сложную задачу. Поэтому, основываясь на принципах системно-целевого подхода [6] выполним декомпозицию этого сложного движения на сумму более простых. Для этого заметим, что оно складывается из движения системы как абсолютно твердого тела и движения частей системы относительно друг друга (деформаций системы). Как известно [12], всякое перемещение абсолютно твердого тела в пространстве может быть осуществлено поступательным перемещением вместе с полюсом и одним поворотом вокруг оси, проходящей через полюс. Формальная математическая модель движения абсолютно твердого тела имеет вид (рис. 2)

$$\bar{r}(t) = \bar{r}_{O'}(t) + \bar{r}'(t), \quad (13)$$

где $\bar{r}(t)$ – радиус вектор произвольной точки тела;

$\bar{r}_{O'}(t)$ – радиус вектор полюса вращения тела;

$\bar{r}'(t)$ – радиус вектор произвольной точки тела относительно полюса;

t – время.

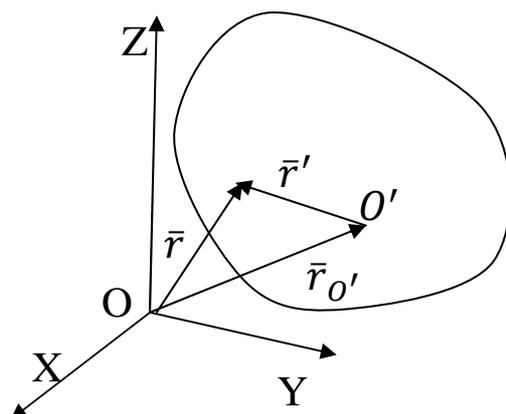


Рис. 2. Определение положения твердого тела в пространстве

Обозначим

$\overline{rd}(t)$ – радиус-вектор деформаций в произвольной точке тела;

$\overline{\eta}(t)$ – случайный стационарный процесс с нулевым математическим ожиданием и постоянной дисперсией $\overline{\sigma}$.

Случайный стационарный процесс $\overline{\eta}(t)$ характеризует влияние различных случайных помех на ПВС системы.

Теперь можем записать формальную имитационную модель изменений ПВС системы

$$\overline{r}(t) = \overline{r}_{O'}(t) + \overline{r}'(t) + \overline{rd}(t) + \overline{\eta}(t). \quad (14)$$

Следовательно, для имитации изменения ПВС системы необходимо создать модели движения системы, как абсолютно твердого тела, модели деформаций системы и модель случайного стационарного процесса с нулевым математическим ожиданием и постоянной дисперсией. Имея достаточно обширный арсенал таких моделей, получаем возможность имитационного моделирования пространственно-временного состояния систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972.
2. Математическая энциклопедия. Т. 5. Гл. редактор И.М. Виноградов. – М.: Советская энциклопедия, 1982.
3. Математическая энциклопедия. Т. 1. Гл. редактор И.М. Виноградов. – М.: Советская энциклопедия, 1982.
4. Вовк И.Г. Вариации гравитационного поля при изменении уровня водохранилища // Геодезия и картография. – 1982. – № 9. – С. 12–15.
5. Вовк И.Г. Математическое моделирование результатов угловых измерений в переменном поле силы тяжести // Геодезия и картография. – 1993. – № 2. – С. 8–10.
6. Вовк И.Г., Бугакова Т.Ю. Основы системно-целевого подхода и принятия решений. – Новосибирск: СГГА, 2011.

7. Вовк И.Г. Еще один алгоритм определения координат из пространственной линейной засечки // Вестник Сибирской государственной геодезической академии (СГГА). – 2000. – № 5. – С. 137–139.
8. Вовк И.Г. Математическое моделирование результатов геометрического нивелирования в переменном поле силы тяжести // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1984. – № 3. – С. 72–75.
9. Вовк И.Г., Горленко Н.М. Неприливные вариации силы тяжести в окрестности рудного месторождения. Повторные гравиметрические измерения, 1984. – С. 78–79.
10. Вовк И.Г., Суздалев А.С. Влияние техногенных вариаций силы тяжести на положение отвесов плотин ГЭС // Геодезия и картография. – 1990. – № 2. – С. 14–16.
11. Энциклопедия кибернетики. Т. 1. Гл. редактор В.М. Глушков. – Киев: Главная редакция украинской Советской энциклопедии, 1975.
12. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. Т. 1. – М.: Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1982.
13. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981.

Получено 27.02.2012

© И.Г. Вовк, 2012

КАРТОГРАФИЯ



УДК 528.94

РОЛЬ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ольга Николаевна Николаева

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент СГГА, тел. 8923-227-89-57, e-mail: onixx76@mail.ru

Лариса Анатольевна Ромашова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики СГГА, тел. (383)361-06-35

Олеся Андреевна Волкова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, соискатель кафедры картографии и геоинформатики СГГА, тел. (383)361-06-35, e-mail: kamille_08@mail.ru

В статье рассмотрена актуальность применения картографического метода исследования в решении проблем радиационной обстановки окружающей среды.

Ключевые слова: радиационное загрязнение окружающей среды, радиоэкологическая обстановка территории, карты радиационной обстановки.

ROLE OF THE CARTOGRAPHICAL METHOD OF RESEARCH IN THE DECISION OF PROBLEMS OF RADIATING CONDITIONS OF ENVIRONMENT

Olga N. Nikolaeva

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Cand. Tech. Sci., senior lecturer SSGA, tel. 8923-227-89-57, e-mail: onixx76@mail.ru

Larisa A. Romashova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Cand., Associate Prof. Department of cartography and geoinformatics SSGA, tel. (383)361-06-35

Olesya A. Volkova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Competitor of the Department of cartography and geoinformatics SSGA, tel. (383)361-06-35, e-mail: kamille_08@mail.ru

The article considers the relevance of cartographic research method in solving the problems of radiation situation of the environment.

Key words: radioactive contamination of the environment, the territory of radioecological situation, radiation situation map.

Непременным условием существования и развития современного общества, как во всем мире, так и в России, является глобальное использование природных ресурсов. С одной стороны, это влечет за собой истощение всех без исключения видов природных ресурсов Земли. С другой стороны, неконтролируемое антропогенное воздействие на окружающую среду приводит к постоянному ухудшению качества объектов природы, так как в процессе техногенного загрязнения они теряют свои исходные свойства.

В настоящее время изменение окружающей среды, в результате крупномасштабного антропогенного воздействия на биосферу Земли, привело ее к неминуемому кризису. Истощение сырьевых ресурсов, нехватка чистой пресной воды, проблема загрязнения природных ресурсов: воздуха, воды и почвы – выбросами промышленности и транспорта, энергетических систем в атмосферу достигли таких размеров, что в ряде районов, особенно в крупных промышленных центрах, уровень загрязнения существенно превышает допустимые санитарные нормы.

Из всех видов антропогенного воздействия окружающей среды: химического, биологического, бактериального, электромагнитного, инфразвукового, вибрационного, шумового, теплового, загрязнения синтетическими органическими веществами – радиоактивное загрязнение остается самым сложным для восприятия и понимания населением.

Во многом сложность понимания радиоактивного загрязнения, его воздействия на человека и среду обитания объясняется тем важным обстоятельством, что оно на протяжении многих десятилетий оставалось государственной тайной, причем не только в бывшем СССР, но также и в США, странах Западной Европы и других государствах. Причинами секретности было не только идеологическое, научное, технологическое, военное противостояние двух разных социальных систем, но и превалирование в обеих системах технократических и экономических целей над этическими и экологическими ценностями.

Необходимо отметить, что нормы воздействия радиоактивного загрязнения на население в мирное время, учебные и справочные пособия по этому вопросу появились в нашей стране в середине – конце 1960-х гг. (т. е. после запрещения ядерных взрывов в атмосфере и водах), а секретность на информацию о радиоактивном загрязнении сняли лишь в конце 1989 г.

Борьба с радиоактивным загрязнением может носить лишь предупредительный характер. Дезактивация загрязненного радиоактивным изотопом места сводится к удалению источника загрязнения, загрязненной почвы, материалов, предметов. С поверхности зданий, сооружений радиоактивные изотопы смываются с последующим удалением (захоронением) самих смывающих веществ,

уже ставших радиоактивными. Если это не позволяет снизить уровень радиоактивности здания (сооружения) до принятых норм, то его изолируют от людей.

Степень радиоэкологической безопасности человека, проживающего на загрязненной территории, определяется годовой эффективной дозой радиоэкологического облучения от природных и техногенных источников. При этом доза от техногенных источников согласно НРБ-99 не должна превышать 5 мЗв/год (или 0,5 Бэр/год) в среднем за любые последовательные пять лет, что соответствует рекомендации Международной комиссии по радиоэкологической медицине. Территории, в пределах которых среднегодовые значения эффективной дозы облучения (сверх естественного фона) находятся в диапазоне 5–10 мЗв/год, необходимо относить к территориям чрезвычайной экологической ситуации, а более 10 мЗв/год – к зонам экологического бедствия.

В создавшихся условиях становится актуальной и очевидной роль радиоэкологического картографирования, целью которого является разработка радиоэкологических карт (карт радиационной обстановки) – картографических произведений, призванных систематизировать накопленные сведения о радиационной обстановке конкретных территорий и устанавливать взаимосвязь между избытком радиационного излучения и изменениями в здоровье местных жителей.

Карта была и остается наиболее эффективным способом показа любых явлений, характеристики которых изменяются в пространстве. Экологические карты традиционно в наибольшей степени ориентированы на обеспечение государственных, региональных и местных программ и проектов природоохранной направленности. Между тем любая природоохранная деятельность осуществляется в рамках конкретных территорий. Поэтому планирование, проведение и контроль результатов природоохранных мероприятий требует не только наличия объективной информации об экологической обстановке исследуемой территории, но ее представления в наглядном, экономичном и понятном потребителю виде.

Для осуществления радиоэкологического картографирования необходимо выполнить сбор, анализ, оценку, интеграцию, территориальную интерпретацию информации о радиационной обстановке и создать географически корректное картографическое представление весьма многообразной радиоэкологической информации.

В Новосибирской области по заданию мэрии г. Новосибирска Геоэкоцентр ГП «Березовгеология» проводит исследования радиационной обстановки в городе и области. С 1998 г. значительную часть работ в области радиоэкологических исследований также осуществляет отдел надзора за радиационной безопасностью при Управлении Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Новосибирской области. За 2001–2009 гг. отделом проведено изучение объемной активности, плотности потока радона-222 и гамма-излучения на более чем 850 земельных участках Новосибирска, что позволяет оценивать радиационную обстановку в городе с высокой степенью детальности, практически до уровня отдельного квартала или дома.

Радиоэкологическая обстановка в г. Новосибирске определяется двумя основными факторами: воздействием природных радионуклидов, так как восемь из десяти районов города расположены в пределах гранитного массива, и техногенным загрязнением от действующих и ранее существовавших предприятий.

Перекрытые маломощным чехлом рыхлых отложений гранитные породы характеризуются повышенными концентрациями естественных радиоактивных элементов: урана, тория, калия – и сопряженных с ними радия и радона. Развитая тектоника, наличие глубинных разломов, дренирующих подземные воды с высокими содержаниями радона (400–4 000 Бк/л), в совокупности с повышенной радиоактивностью пород создают потенциальную опасность облучения населения г. Новосибирска от природных источников и, следовательно, при необходимости требуют осуществления специальных мероприятий по защите от воздействия природных радионуклидов при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

Очевидно, что для изучения и обработки статистической информации, наглядного ее представления и территориального анализа большую роль играет картографический метод исследования.

В лаборатории медико-экологического картографирования СГГА с 1996 г. успешно ведутся работы по радиоэкологическому картографированию города Новосибирска и Новосибирской области [1, 2].

Одной из последних работ является создание карты «Техногенные радиоэкологические факторы г. Новосибирска». Фрагмент и легенда карты представлены на рисунке.

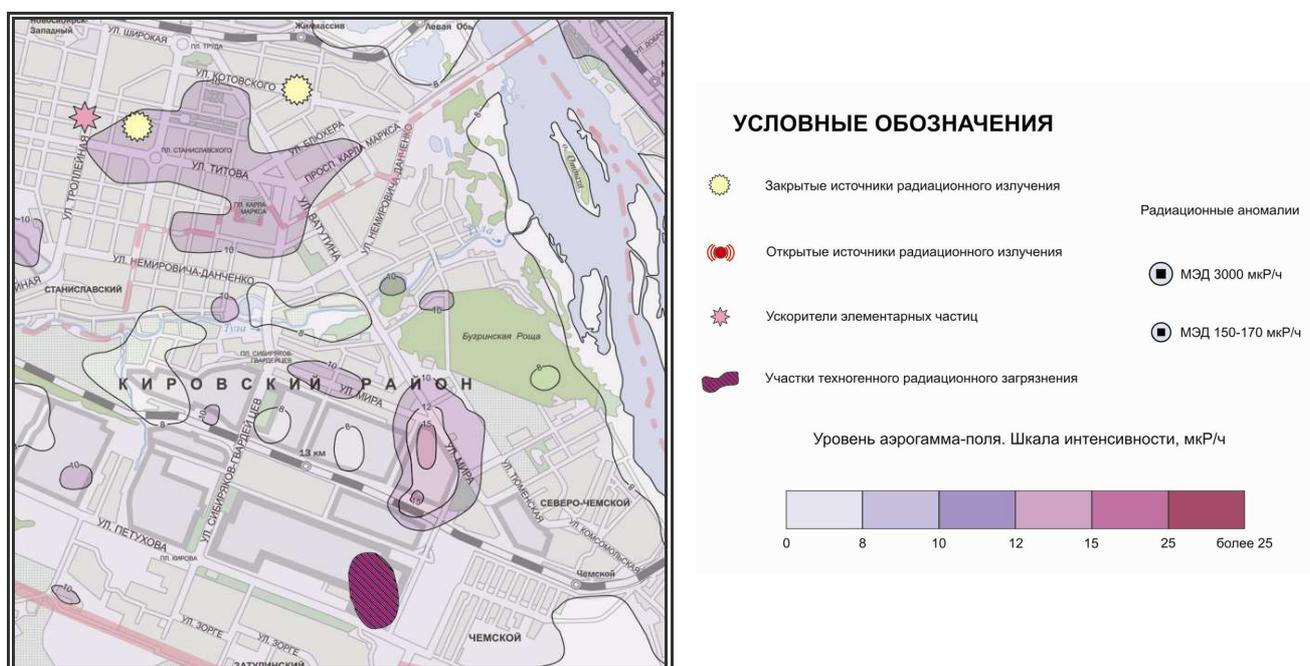


Рис. Фрагмент карты «Техногенные радиоэкологические факторы г. Новосибирска» и ее легенда

Целью создания карты является отображение уровня радиоактивного загрязнения г. Новосибирска с последующим внесением ее в экологический атлас города.

Карта создается с использованием современного программного обеспечения. Элементами ее тематического содержания являются: закрытые и открытые источники радиационного излучения, ускорители элементарных частиц, участки техногенного радиационного загрязнения, радиационные аномалии и уровень аэро-гамма поля.

При проведении экспериментальных исследований, связанных с разработкой условных картографических знаков и знаковых систем, нами были учтены законы семиотики, заключающиеся в применении основных правил, сформулированных в ее разделах: синтактике, семантике и прагматике.

Результаты экспериментальных исследований были проанализированы, что позволило выбрать конечный оптимальный вариант условных обозначений для авторского оригинала карты.

Таким образом, созданная карта наглядно показывает территории с особенно высоким уровнем техногенного радиационного загрязнения, население которых нуждается в дополнительной защите от избыточного облучения.

Карта может быть использована для пространственного анализа состояния радиационной обстановки г. Новосибирска, оценки ее загрязнения и разработки рекомендаций по улучшению условий жизни и здоровья населения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Николаева О.Н., Ромашова Л.А., Суслин В.П. Геоинформационное картографирование при анализе и оценке радиационной обстановки промышленного центра // Геоинформатика: научные проекты. Тезисы II Международной конференции, 20–25 сентября 2010 г. – Барнаул: ООО «А.Р.Т.», 2010. – С. 75.

2. O. N. Nikolayeva, L. A. Romashova, Yu. V. Gavrilov. Radiation risk mapping for HEALTH and conditions of the population Issues of XXIII International Cartographic Conference, 4–10 August, Moscow, 2007, Russia. – p. 285.

Получено 20.02.2012

© О.Н. Николаева, Л.А. Ромашова, О.А. Волкова, 2012

УДК 528.9

СОЗДАНИЕ КАРТ ОБИЛИЯ И ЗАПАСОВ ОХОТНИЧЬИХ ВИДОВ ПТИЦ НА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЕ

Ирина Петровна Кокорина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики СГГА, тел. 8923-125-01-55, e-mail: irusha2008@gmail.com

Предложена методика создания системы карт распределения и численности боровой дичи на базе ГИС-технологий. С целью получения характеристик обилия использованы методы интерполяции.

Ключевые слова: зоогеографическое картографирование, карты распределения, карты запасов, геоинформационное картографирование, интерполяция, поверхность, глухарь, тетерев, рябчик.

CREATING DISTRIBUTIONAL AND POPULATION HUNTING BIRDS MAPS OF WESTERN SIBERIA

Irina P. Kokorina

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo Ul., senior teacher of chair of cartography and geoinformatics, tel. 8923-125-01-55, e-mail: irusha2008@gmail.com

It is proposed the methodology of creating a series of distribution map and abundance of upland and fowl based on GIS-technologies. In order to obtain the characteristics of fullness these interpolation methods are used.

Key words: zoogeographical mapping, distributional maps, population number, geoinformatic mapping, interpolation, surface, Capercaillie, Black Grouse, Hazel Grouse.

Исследования выполнены при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы» (ГК № 02.740.11.0735).

Применение картографического метода в изучении биоты включает в себя создание ботанических, зоогеографических и зоологических карт. Среди зоогеографических карт выделяют карты фаунистические и животного населения. Карты животного населения подразделяются по следующим критериям: по классификации биологических объектов, по их обусловленности природными условиями территории, а также по пространственным и временным закономерностям их распределения. Легенды карт могут быть построены на качественной основе или количественных параметрах сообществ животных или отдельных видов. Особо выделяют карты, выполненные по коэффициентам сходства животного населения с использованием кластерного анализа [1].

Большое значение в существующих методиках имеет экспертный анализ данных специалистом-предметником. Экспертная оценка предполагаемого оби-

лия птиц по выделам карты, на которые не получены статистические данные, заключается в уточнении принадлежности необследованных выделов к их ближайшим аналогам, чтобы на картах не оставалось условно необследованных территорий [2, 3].

В настоящее время в зоогеографическом картографировании широкое применение находят геоинформационные технологии. Но они в основном используются в процессе составления карт (геоинформационное картографирование), в то время как анализ исходных данных проводится внешним, по отношению к ГИС, математическим аппаратом [4].

При создании карт населения животных, в частности карт охотничьих птиц, в качестве географической основы обычно используют ландшафтные и геоботанические карты [5]. Тематика данных карт служит объектом для выявления корреляционных зависимостей между размещением животного населения и факторами среды его обитания. Выявленные зависимости затем экстраполируют на большие территории [4].

Проблемой при картографировании редких птиц является большое количество нулевых оценок обилия охотничьих видов по местообитаниям, где они не были встречены даже при значительной протяженности учетных маршрутов вследствие того, что при приближении человека птицы затаиваются или уходят, не взлетая. Результаты таких учетов ненадежны, поэтому их использованию должно предшествовать предварительное усреднение данных за тот или иной период времени или в пространстве.

В проводимых исследованиях использовались материалы из банка данных Института систематики и экологии животных (ИСиЭЖ) СО РАН (г. Новосибирск), накопленные с 1959 по 2005 г. При этом выполнена система видовых карт распределения и численности боровой дичи в предпромысловый период на примере глухаря, тетерева и рябчика на территории Западно-Сибирской равнины. В работе при картографировании численности и распределения охотничьих птиц использован способ обозначения выделов бесконечно малой величиной – менее 0,0001 (в легенде обозначено «+0»). Это позволяет при кластерном анализе автоматически определять их в отдельную группу, чего нельзя добиться при нулевых значениях [6].

Картографической основой послужила карта «Растительность Западно-Сибирской равнины» масштаба 1 : 1 500 000 [7], цифровой вариант которой в формате MapInfo составлен в Центральном сибирском ботаническом саду (ЦСБС) СО РАН. Также использованы карты «Гидрография» и «Населенные пункты» на территорию Западно-Сибирской равнины в формате MapInfo. Исходные слои карты были представлены в разных проекциях. Для исправления этих недостатков произведено сохранение слоев карты в прямой равнопромежуточной конической проекции РСФСР, а также изменение угла положения центрального меридиана.

В ходе работы к существующим полям базы данных – «Номер выдела» и «Тип растительности» слоя «Растительность Западно-Сибирской равнины» –

добавлены новые поля «Обилие» и «Численность» и созданы легенды для каждого типа карт.

Следующий этап работы с таблицами базы данных – районирование растительности по выделам на карте. В данной работе используется схема районирования типологической геоботанической карты Западно-Сибирской равнины [7]. Тип растительности каждого выдела отнесен к определенной природной зоне, подзоне и типу растительной формации. В пределах зон и подзон выделены следующие типы ландшафтов: суходольные, внепойменно-болотные и пойм крупных рек.

Затем в базу данных внесена информация по обилию и численности птиц. При заполнении таблиц атрибутов применялся инструмент «Запрос» – «Выбрать согласно условию». Внесенные значения для целей картографирования объединены по интервалам.

В результате выполненной работы создана система трех типов карт на основе выделения уровней предварительного усреднения данных:

- 1) по выделам карты растительности;
- 2) по группам выделов карты растительности;
- 3) по группам ландшафтов.

Масштаб созданных карт 1 : 10 000 000, компоновка плавающая, проекция прямая равнопромежуточная коническая. Общегеографическая нагрузка карт – объекты гидрографии и населенные пункты – показаны традиционными условными знаками. Границы природных зон и подзон показаны пунктирной линией и дополнены индексами. Распределение и запасы птиц отражены способом количественного фона. Использовано следующее цветовое оформление: для карт тетерева – оттенки синего и коричневого цветов, глухаря – оттенки зеленого, для карт рябчика – коричневого и желтого цветов, для карт суммарного обилия и запасов боровой дичи использовались оттенки оливкового цвета.

Всего созданных карт 17. Из этой системы опубликовано 7 карт [6, 8, 9].

Одной из сложностей зоогеографических исследований является то, что невозможно собрать данные на всю изучаемую территорию. Следовательно, необходимо построение непрерывной поверхности, интерполирующей значения численных анализируемых объектов.

Современные геоинформационные системы обладают множеством встроенных алгоритмов интерполяции [10, 11]. Ранее указывалось, что на картах многочисленны выделы, где охотничьи птицы не встречены из-за их редкости и скрытности, но на этой территории, несомненно, обитают. С целью получения количественных характеристик в этих выделах проведена сравнительная интерполяция на основе выполненной карты «Предпромысловое обилие тетерева на Западно-Сибирской равнине (по группам ландшафтов)». Использованы ГИС MapInfo и ArcGis с применением аналитических модулей Spatial Analyst и Geostatistical Analyst и приложение для ArcGIS Type convert (для построения центроидов полигонов) по следующим методам интерполяции: кригинг (геостатистическая интерполяция), сплайн, скользящее среднее значение, обратно взве-

шенные расстояния (IDW), триангуляция Делоне (TIN), а также построение полигонов Вороного.

В результате проведения интерполяции наиболее оптимальной следует считать поверхность, полученную методом кригинга. Лучшим вариантом отображения распределения характеристик картографируемого объекта в результате проведения интерполяции в ArcGis являются поверхности со ступенчатой шкалой. В ГИС MapInfo получены поверхности с меньшим пространственным разрешением, что уменьшает значимость полученных результатов по сравнению с поверхностями, построенными с помощью модулей ArcGis.

Для цели издания карт предложена методика их допечатной подготовки путем послойной конвертации в векторные графические редакторы и последующей коррекции цветовой палитры изображения в цветовой модели CMYK.

В графическом редакторе CorelDRAW выполнена допечатная подготовка карт. С использованием каталога Pantone произведен подбор цветов в модели CMYK. В ходе работы над первыми картами обнаружены недостатки карты-основы, которые были исправлены.

Для экспорта в CorelDraw карты сначала были послойно конвертированы с помощью «Универсального транслятора» MapInfo в САПР AutoCad. Из CorelDraw слои карт были экспортированы в формат Windows MetaFile (WMF). В результате на полученных отпечатках обнаружены участки изображения, не закрашенные цветом, но видимые с экрана монитора в программе CorelDRAW. С целью проверки корректности файлов карт в формате CDR была сделана их распечатка. При этом все цвета CMYK при печати были отображены. С целью установления причин выполнено цветоделение в CorelDRAW, в результате которого обнаружены участки границ полигонов, где черный цвет контура отсутствовал, вследствие чего полигоны, оконтуренные этим цветом, не были закрашены. Для исправления этих недостатков в AutoCad проведена коррекция (закрывание) границ полигональных объектов. Исправленные варианты карт затем окрашены в цвета палитры CMYK.

Так как шрифты, использованные на картах в формате TAB, конвертировались неверно, в CorelDRAW произведен набор текста легенд карт, а также названий населенных пунктов, индексов природных зон и нумерации цветов.

В дальнейшем при создании остальных карт недостатки карты-основы были учтены и исправлены перед конвертацией.

Таким образом, предложена методика создания системы карт распределения и численности боровой дичи, а также проведения интерполяции с целью получения характеристик обилия охотничьих птиц на необследованных территориях на базе ГИС-технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Емельянова Л.Г., Огуреева Г.Н. Биогеографическое картографирование.– М.: Географический факультет МГУ, 2006. – 132 с.
2. Равкин Ю.С., Равкин Е.С. Опыт картографирования населения животных // Известия АН. Серия географическая. – 2004. – № 1. – С. 88–97.

3. Равкин Е.С., Равкин Ю.С. Птицы равнин Северной Евразии: Численность, распределение и пространственная организация. – Новосибирск: Наука, 2005. – 304 с.
4. Равкин Ю.С., Ливанов С.Г. Факторная зоогеография. – Новосибирск: Наука, 2008. – 205 с.
5. Тупикова Н.В., Комарова А.В. Принципы и методы зоологического картографирования. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 190 с.
6. Кокорина И.П., Равкин Ю.С. Опыт использования геоинформационных технологий при картографическом отображении численности и распределения глухаря на Западно-Сибирской равнине // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2010. – № 4 (12). – С. 54–59.
7. Растительность Западно-Сибирской равнины. Карта масштаба 1 : 1 500 000 [Карта] / И.С. Ильина, Е.И. Лапшина, Н.Н. Лавренко и др. – М.: ГУГК, 1976.
8. Равкин Ю.С., Кокорина И.П. Картографическое отображение распределения тетерева и рябчика на Западно-Сибирской равнине // Сибирский экологический журнал. – 2011. – Т. 18. № 4. Сибирский экологический журнал. – 2011. – Т. 18. № 4. – С. 527–533.
9. Равкин Ю.С., Кокорина И.П., Богомоллова И.Н. Опыт типизации и картографирования охотничьих угодий по обилию боровой дичи // Птицы Сибири: структура и динамика фауны, населения и популяций (Труды института систематики и экологии животных СО РАН, вып. 47) / Ред. Л.Г. Вартапетов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – С. 251–258.
10. Геоинформатика: в 2-х кн. Кн. 1: учебник для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В.С. Тикунова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.
11. Лурье И.К. Основы геоинформатики и создание ГИС. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Часть 1. – М.: Изд-во Московского университета, 2002. – 140 с.

Получено 25.01.2012

© И.П. Кокорина, 2012

ОПТИКА, ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



УДК 681.7:004

ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Евгений Владимирович Грицкевич

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры наносистем и оплотехники СГГА, тел. 8913-798-15-60, e-mail: gricew@mail.ru

Дмитрий Александрович Скворцов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, инженер кафедры наносистем и оплотехники СГГА, тел. 8913-396-32-35, e-mail: sda1985@yandex.ru

Павел Олегович Гептнер

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, студент СГГА, тел. 8903-905-57-01, e-mail: p.geptner@gmail.com

Ольга Юрьевна Проценко

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры наносистем и оплотехники СГГА, тел. 8953-789-55-51, e-mail: infinity1109@yandex.ru

Рассмотрена возможность автоматизации оптико-физических исследований с помощью лабораторного измерительного стенда, выполненного на базе телевизионной камеры, сопряженной с компьютером. Вводимое в компьютер изображение подвергается цифровой обработке, благодаря чему повышается точность измерений и уменьшается время выполнения процедуры измерения. Кроме того, появляется возможность создания имитационной модели системы технического зрения для проведения ее виртуальных испытаний.

Ключевые слова: изображение, измерение, цифровая обработка, автоматизация, имитационное моделирование, система технического зрения.

VIRTUAL TESTING OF VISION SYSTEMS

Eugenie W. Gritskewich

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo Ul., Ph.D., lecturer, tel. 8913-798-15-60, e-mail: gricew@mail.ru

Dmitry A. Skvortsov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo Ul., engineer, tel. 8913-396-32-35, e-mail: sda1985@yandex.ru

Pavel O. Geptner

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo Ul., undergraduate, tel. 8903-905-57-01, e-mail: p.geptner@gmail.com

Olga Y. Procenko

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo Ul., graduate, tel. 8953-789-55-51, e-mail: infinity1109@yandex.ru

The possibility of automated optical-physical researches with the help of laboratory measurement equipment, which is made on the basis of a television camera connected with computer, is discussed. Image, which is entered into a computer, is digital processing, so measurement accuracy increases and the time of measurement is reduced. In addition, the possibility appears to create a simulation model of the machine vision systems for virtual testing.

Key words: image, measurement, digital processing, automation, simulation, machine vision system.

Оптико-электронные приборы широко используются в повседневной жизни и стали неотъемлемыми элементами современного общества. За последние три десятилетия традиционные оптические средства измерения и контроля трансформировались в компьютеризированные контрольно-измерительные комплексы с элементами искусственного интеллекта, которые позволяют проводить селекцию объектов измерения по заранее заданным признакам без непосредственного участия оператора, принимать решение о значимости объекта и, соответственно, необходимости измерения его параметров.

Оптико-электронные приборы в настоящее время широко используются в медицине (тепловизоры, оптоволоконные датчики для внутрисполостного визуального исследования органов, офтальмологические приборы, датчики для экспресс-анализа биологических жидкостей и т. п.). В нефтяной, газовой и химической промышленности, в строительстве, жилищно-коммунальном комплексе современные оптико-электронные приборы применяются для дистанционного контроля возможных утечек сырья, продуктов производства и тепла. Особенно актуально применение методов оптико-электронного контроля, измерений и наблюдения в условиях, когда присутствие человека в изучаемом процессе нежелательно или невозможно (опасная, агрессивная среда, подземные коммуникации, подводный мир, космическое пространство).

Особое место в оптико-электронном приборостроении традиционно занимают системы военного назначения. Строго говоря, в настоящее время невозможно четко разделить сферы военного и гражданского применения оптико-электронных систем, так как задачи, решаемые этими системами, во многих случаях являются схожими: обнаружение требуемого объекта на некотором фоне, его идентификация, обеспечение наблюдения динамики его поведения,

измерение параметров. Но конечные цели решения этих задач в военных и гражданских приложениях оптико-электронного приборостроения кардинально различаются.

Существенные изменения претерпели и средства отображения визуальной информации. Повсеместно для этих целей сейчас используются жидкокристаллические экраны. Практически реализованы так называемые виртуальные экраны, позволяющие наблюдателю наиболее комфортно визуально анализировать предъявляемые ему изображения. В обоих случаях в поле изображения может выводиться и служебная информация, которая обеспечивает процессы измерений и наведения.

Современные оптико-электронные приборы могут работать одновременно в нескольких спектральных диапазонах [1, 2]. Информация, получаемая в каждом диапазоне, взаимно дополняет информацию, поступающую в другом диапазоне, что позволяет, в конечном итоге, повысить объективность выходной информации. В измерительных приборах это приводит к повышению точности измерений, а в приборах наблюдения – к увеличению информации, содержащейся в выходном изображении, и, в конечном итоге, к лучшей дешифрируемости картины, предъявляемой наблюдателю для анализа. Использование измерительных и визуальных каналов в одном приборе позволяет совмещать процедуры наблюдения, контроля и измерения как в пространстве, так и во времени.

Традиционные методы исследований оптико-физических явлений основаны на визуально-механических процедурах, предусматривающих последовательное наведение измерительной марки на реперные точки анализируемого изображения. Примером последнего может служить интерференционная картина, а измеряемым параметром – пространственный период чередования полос. Измерения проводятся линейкой на проекционном экране либо с помощью окуляр-микрометра в плоскости действительного изображения. В настоящее время для этих же целей часто применяется ТВ-камера с жестким растром, а изображение интерференционной картины выводится на экран монитора. В качестве перекрестия окуляра используется курсор, а наведение на реперные точки осуществляется с помощью манипулятора «мышь». Иногда для целей измерения на экран выводится «виртуальная» линейка. Такое сочетание ТВ-камеры и компьютера не является эффективным. Во-первых, процесс измерения по-прежнему остается визуально-механическим и субъективным. Во-вторых, элементы разложения изображения имеют конечный размер, что ограничивает точность измерений аппаратно.

В настоящее время ведется разработка автоматизированного стенда для проведения подобных измерений на базе матричных фотоприемников. Изображения с матрицы вводятся в компьютер для последующей цифровой обработки. Оператор наблюдает получаемую картину на экране монитора и задает требуемые параметры измерения. Сами же измерения выполняются автоматически. Искажения в изображении, возникающие за счет шумов и дискретности раstra,

сглаживаются известными интерполяционными методами. Погрешность измерения при этом уменьшается в несколько раз, она перестает зависеть от субъективных факторов, время измерения сокращается многократно. Появляется возможность архивации результатов измерений вместе с картинками, к которым они относятся, для последующей статистической обработки.

При полихроматическом входном сигнале точность измерений может быть повышена за счет использования цветных фильтров для R, G и B-составляющих, которые устанавливаются в современных фотоприемных матрицах на каждом элементе раstra. Соответственно, на выходе могут быть получены 3 монохромных изображения, отличающихся друг от друга. Обработывая эти изображения по отдельности, можно уточнить измеряемые параметры, не зависящие от длины волны.

Создание автоматизированного стенда для проведения оптико-физических исследований не только позволит решить задачу автоматизации оптико-физических измерений, но и обеспечит базу для развития компьютерных методов «виртуальных» испытаний систем визуализации, их настройки, проверки и аттестации, получения метрологических характеристик и параметров. В качестве входных тестовых (эталонных) сигналов можно использовать формируемые искусственно интерференционные картины с наперед заданными параметрами. Особенностью таких сигналов является их стационарность, квазигармонический характер, простота и точность аналитического описания, повторяемость от эксперимента к эксперименту. Измеряя параметры выходных откликов таких сигналов, можно достаточно точно рассчитать передаточные характеристики анализируемой системы. Более того, по виду выходного изображения можно задать стратегию улучшения качества системы посредством цифровой обработки сигналов и выбрать оптимальные алгоритмы такой обработки.

Области применения разрабатываемого программно-технического комплекса схематично представлены на рис. 1.



Рис. 1. Области применения программно-технического комплекса

В сфере образования предполагается реализация стенда для трех уровней сложности, как это показано на рис. 2.



Рис. 2. Уровни сложности комплекса для решения задач образования

Программно-технический комплекс обеспечит решение следующих задач в образовательной области.

1. Перевод лабораторных работ по оптическим разделам общей физики на современный информационно-технологический уровень, обеспечивающий автоматизацию процессов измерения, обработки результатов, подготовки отчетности, тестирования знаний студентов (учащихся) при допуске и защите лабораторных работ. Это повысит «интересность» лабораторного практикума, эффективность и глубину усвоения изучаемого материала за счет сокращения рутинной вычислительно-оформительской работы, обеспечит отход от традиционной схемы бригадного принципа выполнения работ.

2. Адаптация комплекса с целью создания облегченного варианта лабораторных работ по общей физике предполагает проведение для школьников открытых уроков и других мероприятий с широким использованием видеoinсталляций и анимации.

3. На базе комплекса возможна реализация «сквозной» технологии обучения студентов. Результаты лабораторных работ, полученные на первых курсах, будут использоваться на старших курсах при изучении специальных дисциплин в качестве исходных данных. Это позволит устранить междисциплинарную «разорванность» учебного процесса и создаст реальную преемственность при переходе от общеобразовательных к специальным предметам.

Таким образом, изучение оптических разделов общей физики на 1-2 курсах станет базой для дальнейшего обучения студентов по таким дисциплинам, как «физическая оптика», «оптические измерения», «системы технического зрения», «источники и приемники оптического излучения», «обработка изображений», «компьютерное моделирование процессов и систем» и др.

4. Создание основы для разработки комплексных мультимедийных обучающих видеопрограмм, включающих в себя лекционные занятия с использованием интерактивных досок, индивидуальных рабочих мест (ПК локальной сети), автоматизированных лабораторных установок. Здесь предполагается непосредственно личное активное участие преподавателя в учебном процессе.

5. Адаптация комплексных методик (см. п. 4) к виртуальным методикам для самостоятельного изучения материала (электронные учебные пособия). Представляет особый интерес разработка виртуальных лабораторных работ по оптическим разделам физики в режиме реального времени. Целесообразно использовать методы имитационного стохастического моделирования с применением реально полученных изображений, которые будут находиться в генеральной базе данных.

6. Разработка средств и методов обучения, полностью ориентированных на работу удаленного пользователя в сети интернет в режиме реального времени. Предполагается использование диалоговых мультимедийных средств, проведение видеоконференций «учащийся – преподаватель», оперативное интерактивное тестирование и аттестация учащихся, фиксация и обработка результатов обучения.

На базе модернизируемых лабораторных работ можно разрабатывать современные автоматизированные методы измерений. Внедрение подобных методов в реальную практику метрологических измерений создаст потенциальные возможности для качественных изменений в тех разделах метрологии, которые базируются на использовании оптических методов.

Другим «метрологическим» направлением данных исследований является разработка средств и методов испытаний, тестирования и аттестации оптико-электронных систем технического зрения (СТЗ) различного назначения. В настоящее время количество применяемых средств видеонаблюдения, различных оптико-электронных измерительных комплексов, других СТЗ растет в геометрической прогрессии. В ближайшие годы произойдет внедрение в повседневную практику СТЗ для автоматического визуального распознавания (фэйс-контроль, отпечатки пальцев, прочие биометрические характеристики). Естественно, возникает проблема аттестации, тестирования, испытаний и экспресс-контроля этой аппаратуры.

В настоящее время методики экспериментального определения качественных параметров и характеристик оптико-электронного тракта СТЗ основываются на вводе в оптический канал штриховых миш. Затем, по результатам измерений параметров выходных изображений этих миш осуществляется пересчет, например, в предельное разрешение системы, или в ее частотно-контрастную характеристику (функцию передачи модуляции). Процесс измерения является трудоемким и, практически, не поддается автоматизации, требует применения достаточно габаритного стационарного лабораторного оборудования. Рассматриваемый комплекс наилучшим образом отвечает решению задачи определения качественных параметров и характеристик СТЗ, поскольку основан на вводе в контролируемый оптический канал эталонных интерференционных или дифракционных картин с заранее заданными (рассчитанными) параметрами.

Ввод реальных эталонных тестовых изображений в ЭВМ существенно расширит возможности имитационного компьютерного моделирования при автоматизированном проектировании оптико-электронных систем и комплексов.

Имитационное компьютерное моделирование оптико-электронных систем предполагает первоначальную генерацию на входе модели виртуальных оптических сигналов – входных воздействий. Затем моделируется сквозное прохождение этих сигналов через звенья оптико-электронного тракта, со входа системы на ее выход. По рассчитанным параметрам выходного изображения определяются критерии качества моделируемой системы. Вопрос выбора входных виртуальных воздействий не является тривиальной задачей, так как всегда остаются сомнения в адекватности модельного представления этих воздействий реальным условиям работы исследуемого прибора, и, как следствие, в правдоподобности получаемых при моделировании результатов. Применение же на входе модели реальных изображений, например, видеосюжетов или цифровых фотографий, вносит во входной сигнал аппаратные искажения и помехи за счет исходной аппаратуры, с помощью которой производилась съемка. Учесть эти помехи и искажения чаще всего не представляется возможным. Применение в качестве исходных сигналов физически реально существующих интерференционных картин снимает данную проблему, тем более, что вид этих картин достаточно точно можно описать аналитически. Также снимается вопрос о проверке адекватности виртуальной модели своему материальному прототипу, поскольку установление адекватности проводится по одним и тем же входным сигналам (физическим и аналитическим).

Речь идет о создании виртуально-экспериментальной метамоделли оптико-электронного тракта системы визуализации. Такая мета модель в дальнейшем может использоваться для исследования реальных систем, а также их оптимизации в виде компьютерной имитационной модели без проведения физических экспериментов. Такие эксперименты понадобятся только на заключительных этапах исследований для подтверждения адекватности результатов моделирования. Процесс построения метамоделли и ее использования схематично показан на рис. 3.

В качестве виртуальных тестовых изображений на входе метамоделли могут генерироваться те входные сигналы, для которых предназначена моделируемая система и которые позволяют по выходному отклику судить о степени достижения системой ее функциональных целей. Например, для систем визуального обнаружения целесообразно сгенерировать изображение объекта на заданном фоне, в которое будет добавлена шумовая составляющая в виде флуктуаций интенсивности излучения по полю зрения. Для системы измерения координат точечного источника в качестве входного сигнала используется светящаяся точка (трехмерная δ -функция).

Объединение в одно целое материальных физических элементов оптико-электронного тракта (например, входного объектива и фотоприемника) с виртуальными элементами, представленными в виде компьютерных моделей, создает весьма широкие и интересные возможности по оптимальному согласованию параметров различных звеньев оптико-электронного тракта, исходя из критерия повышения информативности результирующих сигналов.

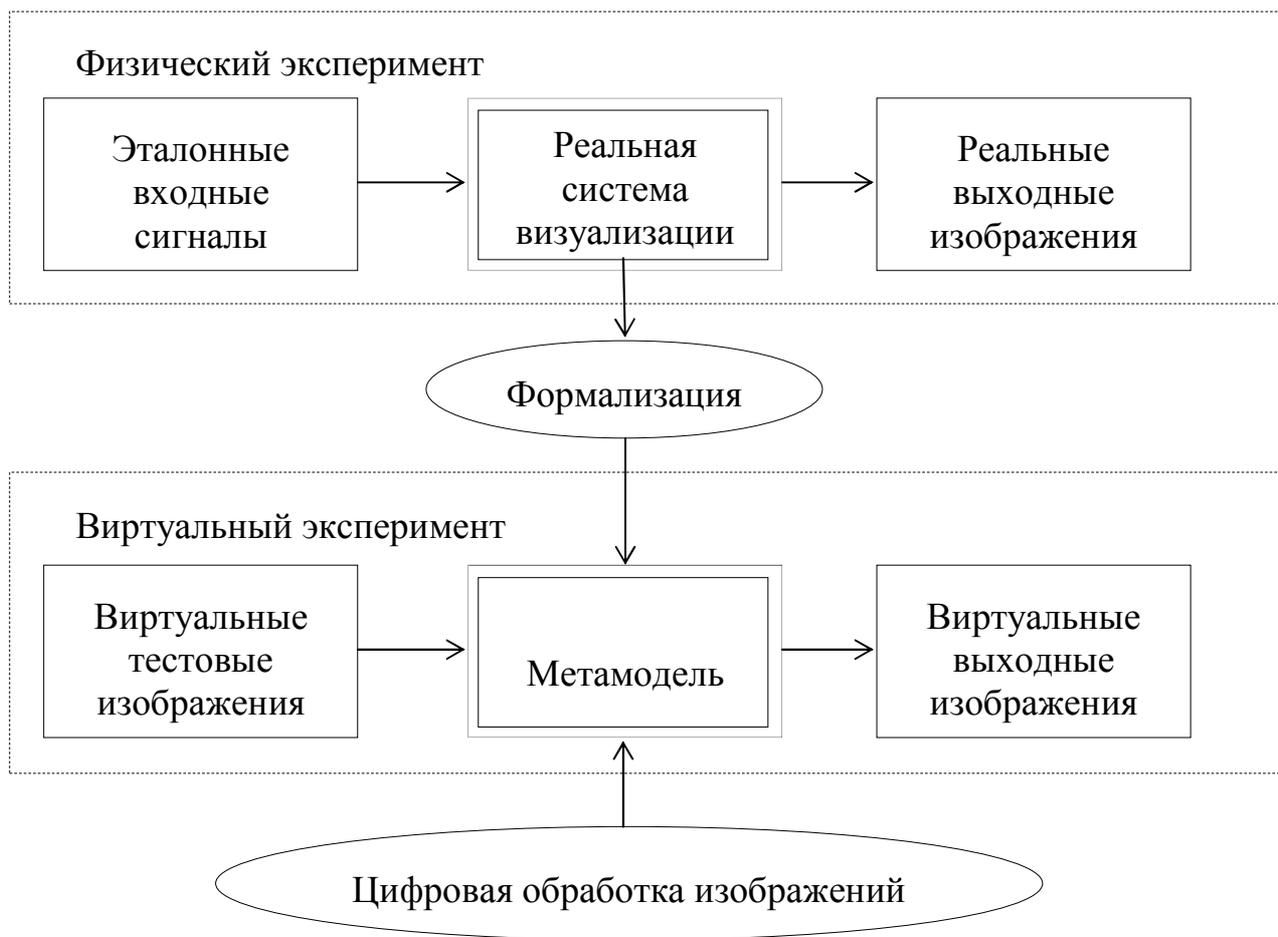


Рис. 3. Построение метамодел

Весьма интересной с научной точки зрения и полезной с практической стороны является возможность оптимальной компьютерной коррекции аппаратной (передаточной) функции моделируемого прибора по виду выходной картины, которая получается в процессе моделирования. Осуществляя внутри модели определенные преобразования с помощью процедур цифровой обработки изображений, можно добиться достижения требуемых критериев качества в выходных сигналах. Это обеспечит возможность при создании физических образцов вводить в приборы программные элементы, осуществляющие наперед заданную коррекцию передаточных свойств оптико-электронного тракта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. ИК системы «смотрящего типа»: учебник для вузов. – М.: Логос, 2004. – 444 с.
2. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Двух- и многодиапазонные оптико-электронные системы с матричными приемниками излучения: учеб. пособие для вузов. – М.: Университетская книга; Логос, 2007. – 192 с.

Получено 26.01.2012

© Е.В. Грицкевич, Д.А. Скворцов, П.О. Гептнер, О.Ю. Проценко, 2012

УДК 535.32

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСПЕРСИОННЫХ ФОРМУЛ МАТЕРИАЛОВ В СУБМИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

Диана Георгиевна Макарова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры наносистем и оптотехники СГГА, тел. (383)343-91-11, e-mail: diana_ssga@mail.ru

Виктор Сергеевич Ефремов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры наносистем и оптотехники СГГА, тел. (383)343-91-11, e-mail: ews49@mail.ru

Рассмотрены известные дисперсионные формулы оптических материалов применительно к субмиллиметровому диапазону спектра. Определены формулы дисперсии и их коэффициенты, пригодные для определения в инженерном приближении показателей преломления материалов, используемых в оптических устройствах субмиллиметрового диапазона спектра.

Ключевые слова: показатель преломления материала, дисперсионная формула, коэффициенты дисперсионной формулы.

APPLICATION OF DISPERSIVE FORMULAS OF MATERIALS IN THE SUBMILLIMETRIC RANGE OF LENGTHS OF WAVES

Diana G. Makarova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., the post-graduate student faculty nanosistem and optotechnics SSGA, tel. (383)343-91-11, e-mail: diana_ssga@mail.ru

Victor S. Efremov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Cand. Tech. Sci., the senior lecturer faculty nanosistem and optotechnics SSGA, tel. (383)343-91-11, e-mail: ews49@mail.ru

Known dispersive formulas of optical materials with reference to a submillimetric range of a spectrum are considered. Formulas of a dispersion and their factors suitable for definition in engineering approximation of parameters of refraction of materials used in optical devices of a submillimetric range of a spectrum are determined.

Key words: a parameter of refraction of a material, the dispersive formula, factors of the dispersive formula.

В последние годы происходит интенсивное освоение терагерцевого (терагерцевых частот 10^{11} — 10^{13} Гц) диапазона спектра электромагнитного излучения, что соответствует диапазону длин волн от 3 до 0,03 мм. Частью терагерце-

вого диапазона является интервал длин волн от 1 до 0,1 мм, которые принято называть субмиллиметровыми.

Разработка и совершенствование источников и приемников излучения для этого диапазона спектра привело к созданию приборов различного назначения: терагерцевых спектрометров, терагерцевых сканеров для систем безопасности и др.

На основе известных принципов и материалов разрабатывается элементная база приемных (оптических) устройств, как для всего терагерцевого диапазона, так и для субмиллиметрового интервала. В их конструкции используются терагерцевые оптические элементы, такие как, терагерцевые дифракционные решетки, фокусирующие рупоры, узкополосные резонансные mesh-фильтры и т. д. В ряде случаев требуется применение линз, призм и других диспергирующих элементов.

Увеличение характеристик оптических систем (угла поля зрения, относительного отверстия) применением только отражающих поверхностей невозможно, какой бы сложности не была их форма. Требуется применение компенсаторов с преломляющими поверхностями.

Разработка оптической элементной базы связана с расчетом оптических систем на компьютерах по пакетам прикладных программ (ППП) ZEMAX, SYNOPSIS и др. Эти ППП требуют введения конструктивных параметров радиусов, толщин и показателей преломления материалов.

Вычисление показателей преломления материалов в субмиллиметровом диапазоне представляет проблему. Длина волны излучения на 2-3 порядка превышает длину волны визуального диапазона спектра. Известные дисперсионные формулы и их коэффициенты предназначены для материалов, прозрачных в визуальном диапазоне спектра, еще позволяют рассчитать показатель преломления для ближнего ИК диапазона (примерно до 2 мкм), но на больших длинах волн они вносят большую ошибку.

Разработчики программ предусмотрели возможность замены коэффициентов дисперсионных формул для непредвиденных случаев. Вопрос стоит в выборе формул и определения коэффициентов, наиболее точно описывающих изменение показателя преломления материала в перспективных диапазонах спектра.

Известны дисперсионные формулы [1–4]: Шотта, Зелльмейера № 1–5, Герцбергера, Конради и две формулы из Handbook of Optics [2]. Кроме этих «основных» формул, существует много их разновидностей.

Рассмотрим возможность использования данных формул для расчета показателей преломления в субмиллиметровом диапазоне спектра.

Формула Шотта:

$$n^2 = a_0 + a_1\lambda^2 + a_2\lambda^{-2} + a_3\lambda^{-4} + a_4\lambda^{-6} + a_5\lambda^{-8}. \quad (1)$$

Требуемые коэффициенты для визуального диапазона спектра имеются в большинстве каталогов изготовителей стекла. В России формула (1) имеет вид:

$$n^2 = A_1 + A_2\lambda^2 + A_3\lambda^{-2} + A_4\lambda^{-4} + A_5\lambda^{-6} + A_6\lambda^{-8}.$$

Константы от A_1 до A_6 для каждой марки стекла приведены в «Каталоге стекла СССР–ГДР».

Формулы Зелльмейера № 1, 3, 5 соответственно отличаются количеством уточняющих членов:

$$n^2 - 1 = \frac{K_1\lambda^2}{\lambda^2-L_1} + \frac{K_2\lambda^2}{\lambda^2-L_2} + \frac{K_3\lambda^2}{\lambda^2-L_3}; \quad (2)$$

$$n^2 - 1 = \frac{K_1\lambda^2}{\lambda^2-L_1} + \frac{K_2\lambda^2}{\lambda^2-L_2} + \frac{K_3\lambda^2}{\lambda^2-L_3} + \frac{K_4\lambda^2}{\lambda^2-L_4}; \quad (3)$$

$$n^2 - 1 = \frac{K_1\lambda^2}{\lambda^2-L_1} + \frac{K_2\lambda^2}{\lambda^2-L_2} + \frac{K_3\lambda^2}{\lambda^2-L_3} + \frac{K_4\lambda^2}{\lambda^2-L_4} + \frac{K_5\lambda^2}{\lambda^2-L_5}, \quad (4)$$

где $L_i = \lambda_i^2$;

λ_i – длины волн, соответствующие полосам поглощения среды.

Формула Зелльмейера № 2

$$n^2 - 1 = A + \frac{B_1\lambda^2}{\lambda^2-\lambda_1^2} + \frac{B_2}{\lambda^2-\lambda_2^2}, \quad (5)$$

где λ_1 и λ_2 – длины волн, соответствующие полосам поглощения среды.

Формула Зелльмейера № 4 [3, с. 10–14]

$$n^2 = A + \frac{B\lambda^2}{\lambda^2-C} + \frac{D\lambda^2}{\lambda^2-E}. \quad (6)$$

Формула Герцбергера:

$$n^2 = A + BL + CL^2 + D\lambda^2 + E\lambda^4 + F\lambda^6, \quad (7)$$

где $L = \frac{1}{\lambda^2-0,028}$.

Данная формула не может быть применена для терагерцевого диапазона спектра, поскольку при расчете L используется постоянная величина 0,028, что соответствует длине волны 0,167 мкм [5].

Формула Конради:

$$n = n_0 + \frac{A}{\lambda} + \frac{B}{\lambda^{3,5}}. \quad (8)$$

Формула Конради полезна для применения в тех случаях, когда количество данных весьма ограничено. Например, если имеется только три пары значений: длина волны – показатель преломления.

Формулы (9) и (10) из [2]

$$n^2 = A + \frac{B}{(\lambda^2 - c)} - D\lambda^2; \quad (9)$$

$$n^2 = A + \frac{B\lambda^2}{(\lambda^2 - c)} - D\lambda^2. \quad (10)$$

Формулы (9) и (10) имеют отрицательный дискриминант за счет величины значения третьего члена $D\lambda^2$ при значениях λ больше 100 мкм.

Общие замечания по использованию дисперсионных формул:

- большинство известных формул были разработаны для визуального диапазона спектра, в основном для силикатного стекла, и содержат в виде константы длину волны, соответствующую полосе поглощения среды;

- наличие в формулах длины волн, соответствующих полосам поглощения материала, усложняет процесс вычислений, так как в основном в субмиллиметровой области спектра используются кристаллические материалы с различными свойствами, в том числе и полосами поглощения;

- для практического использования наиболее интересны участки дисперсионного графика с «нормальной» дисперсией показателя преломления. Участки графика, соответствующие полосам поглощения материала или расположенные вблизи них, с точки зрения коррекции хроматизма нежелательны.

Для анализа выберем дисперсионные формулы (1), (6), (8). Рассмотрим возможность их использования в субмиллиметровом диапазоне спектра. Для примера выберем материалы с показателями преломления, лежащими на границах и в центре интервала возможных значений показателей преломления: кремний ($n_{\lambda=200\text{мкм}} = 3,4165$), кварц ($n_{\lambda=200\text{мкм}} = 2,117$) и полиэтилен ($n_{\lambda=200\text{мкм}} = 1,5137$).

Показатели преломления этих материалов определенные по выбранным дисперсионным формулам с известными коэффициентами [1] приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что сходимости результатов расчета показателей преломления у разных материалов, рассчитанных по разным дисперсионным формулам, нет. Некоторые показатели не могут быть определены из-за отрицательных значений дискриминантов в формулах.

Одним из возможных решений данной проблемы может быть применение некоторых из известных формул с новыми, рассчитанными именно для рассматриваемого диапазона, коэффициентами дисперсионных формул. Для рассмотрения выберем формулы Шотта (1), Зелльмейера № 4 (6) и Конради (8). В качестве опорных значений примем определенные Рендалом и Роуклиффом с использованием частотно-спектральной техники показатели преломления в диапазоне от 67,8 до 588 мкм [2].

Таблица 1

Показатели преломления трех материалов, определенные по выбранным дисперсионным формулам с известными коэффициентами

Материал	Дисперсионная формула	λ , мкм					
		100	125	166,7	200	250	333,3
Кремний	(1)	30,3277	37,8303	50,3682	60,3909	75,4489	100,547
	(6)	7,4793	7,4396	7,4104	7,3994	7,3904	7,3836
	(8)	2,3566	2,3566	2,3566	2,3566	2,3567	2,3567
Кварц	(1)	-	-	-	-	-	-
	(6)	2,1608	2,1560	2,1523	2,1508	2,1496	2,1487
	(8)	2,3566	2,3566	2,3566	2,3566	2,3567	2,3567
Полиэтилен	(1)	-	-	-	-	-	-
	(6)	2,4282	2,4282	2,4282	2,4282	2,4282	2,4282
	(8)	1,5583	1,5583	1,5582	1,5582	1,5582	1,5582

Определим значения коэффициентов этих формул для кремния:

1. Значения коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 для формулы Шотта (1) для кремния. Формулу (1) преобразуем к виду, ограничившись тремя членами:

$$a_1\lambda_i^2 + a_2\lambda_i^{-2} + a_0 - n_i^2 = 0.$$

Составим систему уравнений для трех длин волн:

$$\begin{cases} a_1\lambda_1^2 + a_2\lambda_1^{-2} + a_0 - n_1^2 = 0; \\ a_1\lambda_2^2 + a_2\lambda_2^{-2} + a_0 - n_2^2 = 0; \\ a_1\lambda_3^2 + a_2\lambda_3^{-2} + a_0 - n_3^2 = 0. \end{cases} \quad (11)$$

Решать системы уравнений (11), (12), (13) будем при одинаковых условиях:

$$\lambda_1 = 100 \text{ мкм}, \quad n_1 = 3,4185,$$

$$\lambda_2 = 200 \text{ мкм}, \quad n_2 = 3,4165,$$

$$\lambda_3 = 333,3 \text{ мкм}, \quad n_3 = 3,4155.$$

В результате получим следующие значения коэффициентов для выражения (1): $a_0 = 11,67$; $a_1 = 0$; $a_2 = 168,03$.

2. Значения коэффициентов A, B, D формулы Зелльмейера № 4 (6) для кремния.

Формулу (6) преобразуем к виду:

$$A(\lambda_i^2 - C)(\lambda_i^2 - E) + B\lambda_i^2(\lambda_i^2 - E) + D\lambda_i^2(\lambda_i^2 - C) - n_i^2(\lambda_i^2 - C)(\lambda_i^2 - E) = 0.$$

Составим систему уравнений для трех длин волн:

$$\begin{cases} A(\lambda_1^2 - C)(\lambda_1^2 - E) + B\lambda_1^2(\lambda_1^2 - E) + D\lambda_1^2(\lambda_1^2 - C) - \\ \quad - n_1^2(\lambda_1^2 - C)(\lambda_1^2 - E) = 0; \\ A(\lambda_2^2 - C)(\lambda_2^2 - E) + B\lambda_2^2(\lambda_2^2 - E) + D\lambda_2^2(\lambda_2^2 - C) - \\ \quad - n_2^2(\lambda_2^2 - C)(\lambda_2^2 - E) = 0; \\ A(\lambda_3^2 - C)(\lambda_3^2 - E) + B\lambda_3^2(\lambda_3^2 - E) + D\lambda_3^2(\lambda_3^2 - C) - \\ \quad - n_3^2(\lambda_3^2 - C)(\lambda_3^2 - E) = 0. \end{cases} \quad (12)$$

В результате получим следующие значения коэффициентов для формулы (6): $A = 11,85$; $B = 0,14$; $D = -0,32$.

3. Значения коэффициентов n_0 , A , B для формулы Конради (8) для кремния.

Формулу (8) преобразуем к виду: $A\lambda_i^{3,5} + B\lambda_i + n_0\lambda_i^{4,5} - n_i\lambda_i^{4,5} = 0$.

Составим систему уравнений для трех длин волн:

$$\begin{cases} A\lambda_1^{3,5} + B\lambda_1 + n_0\lambda_1^{4,5} - n_1\lambda_1^{4,5} = 0; \\ A\lambda_2^{3,5} + B\lambda_2 + n_0\lambda_2^{4,5} - n_2\lambda_2^{4,5} = 0; \\ A\lambda_3^{3,5} + B\lambda_3 + n_0\lambda_3^{4,5} - n_3\lambda_3^{4,5} = 0. \end{cases} \quad (13)$$

В результате получим следующие значения коэффициентов для формулы (8): $n_0 = 3,41$; $A = 0,53$; $B = -6863,89$.

Аналогичным способом определим коэффициенты дисперсионных формул для кварца и полиэтилена. Сравним точность рассчитанных значений показателей преломления относительно измеренных у трех материалов по трем дисперсионным формулам с найденными коэффициентами.

Кремний имеет наиболее высокий показатель преломления в субмиллиметровом диапазоне длин волн. В табл. 2 приведены измеренные ($n_{изм}$) и рассчитанные (n_p) по формулам (1), (6), (8) значения показателей преломления кремния с найденными коэффициентами. Определена абсолютная (Δn) и относительная ($\Delta n/n_{изм}$) погрешность рассчитанных значений.

Таблица 2

Измеренные и рассчитанные показатели преломления для кремния

λ , МКМ	$n_{изм}$	n_p	$\Delta n = n_p - n_{изм}$	$\Delta n/n_{изм}$	$\Delta n/n_{изм}$, %
По формуле (1): $a_0 = 11,67$; $a_1 = 0$; $a_2 = 168,03$					
100,0	3,4185	3,4185	0,0000	0,0000	0,00
125,0	3,4180	3,4177	0,0003	0,0001	0,01
166,7	3,4170	3,4170	0,0000	0,0000	0,00
200,0	3,4165	3,4167	0,0002	0,0006	0,06
250,0	3,4160	3,4165	0,0005	0,0002	0,02
333,3	3,4155	3,4163	0,0008	0,0002	0,02

Окончание табл. 2

λ , мкм	$n_{изм}$	n_p	$\Delta n = n_p - n_{изм}$	$\Delta n/n_{изм}$	$\Delta n/n_{изм}, \%$
По формуле (6): $A = 11,85; B = 0,14; D = -0,32$					
100,0	3,4185	3,4183	0,0002	4,4757E-05	0,00
125,0	3,4180	3,4175	0,0005	0,0001	0,02
166,7	3,4170	3,4169	0,0001	0,0000	0,00
200,0	3,4165	3,4166	0,0001	0,0000	0,00
250,0	3,4160	3,4165	0,0005	0,0001	0,01
333,3	3,4155	3,4163	0,0008	0,0002	0,02
По формуле (8): $n_0=3,41; A=0,53; B=-6863,89$					
100,0	3,4185	3,4146	0,0039	0,0011	0,11
125,0	3,4180	3,4139	0,0041	0,0011	0,12
166,7	3,4170	3,4130	0,0039	0,0012	0,12
200,0	3,4165	3,4125	0,0039	0,0011	0,11
250,0	3,4160	3,4121	0,0039	0,0011	0,11
333,3	3,4155	3,4115	0,0039	0,0011	0,11

На рис. 1 приведены графики изменения показателя преломления кремния в субмиллиметровом диапазоне длин волн, измеренные и рассчитанные по дисперсионным формулам.

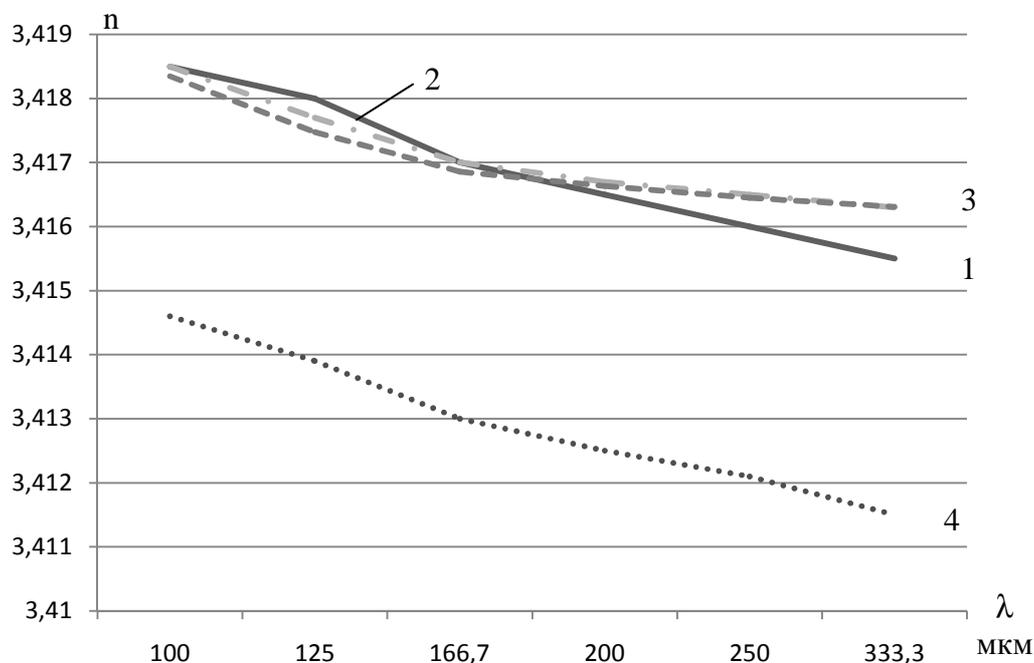


Рис. 1. Графики изменения показателей преломления кремния в субмиллиметровом диапазоне длин волн:

1 – измеренный, 2 – по формуле (1), 3 – по формуле (6), 4 – по формуле (8)

Кварц имеет показатель преломления, расположенный в середине интервала значений показателей преломления материалов, прозрачных в субмиллиметровом диапазоне длин волн. В табл. 3 приведены измеренные ($n_{\text{ИЗМ}}$) и рассчитанные (n_p) по формулам (1), (6), (8) значения показателей преломления кварца с найденными коэффициентами. Определена абсолютная (Δn) и относительная ($\Delta n/n_{\text{ИЗМ}}$) погрешность рассчитанных значений.

Таблица 3

Измеренные и рассчитанные показатели преломления кварца

λ , МКМ	$n_{\text{ИЗМ}}$	n_p	$\Delta n = n_p - n_{\text{ИЗМ}}$	$\Delta n/n_{\text{ИЗМ}}$	$\Delta n/n_{\text{ИЗМ}}$, %
По формуле (1): $a_0 = 4,44$; $a_1 = 0$; $a_2 = 830,33$					
100,0	2,132	2,1267	0,0053	0,0025	0,25
125,0	2,125	2,1197	0,0053	0,0025	0,25
166,7	2,122	2,1142	0,0078	0,0037	0,37
200,0	2,117	2,1120	0,0050	0,0025	0,24
250,0	2,114	2,1102	0,0038	0,0018	0,18
333,3	2,113	2,1089	0,0041	0,0019	0,19
По формуле (6): $A = 11,85$; $B = 0,14$; $D = -0,32$					
100,0	2,132	2,1335	0,0015	0,0007	0,07
125,0	2,125	2,1266	0,0016	0,0008	0,08
166,7	2,122	2,1212	0,0008	0,0004	0,04
200,0	2,117	2,1191	0,0021	0,0010	0,10
250,0	2,114	2,1173	0,0033	0,0016	0,16
333,3	2,113	2,1159	0,0029	0,0014	0,14
По формуле (8): $n_0 = 2,11$; $A = 1,75$; $B = 68638$					
100,0	2,132	2,1344	0,0024	0,0011	0,11
125,0	2,125	2,1271	0,0021	0,0010	0,10
166,7	2,122	2,1217	0,0003	0,0001	0,01
200,0	2,117	2,1194	0,0024	0,0011	0,11
250,0	2,114	2,1173	0,0033	0,0016	0,16
333,3	2,113	2,1154	0,0024	0,0011	0,11

На рис. 2 приведены графики изменения показателя преломления кварца в субмиллиметровом диапазоне длин волн, измеренные и рассчитанные по дисперсионным формулам.

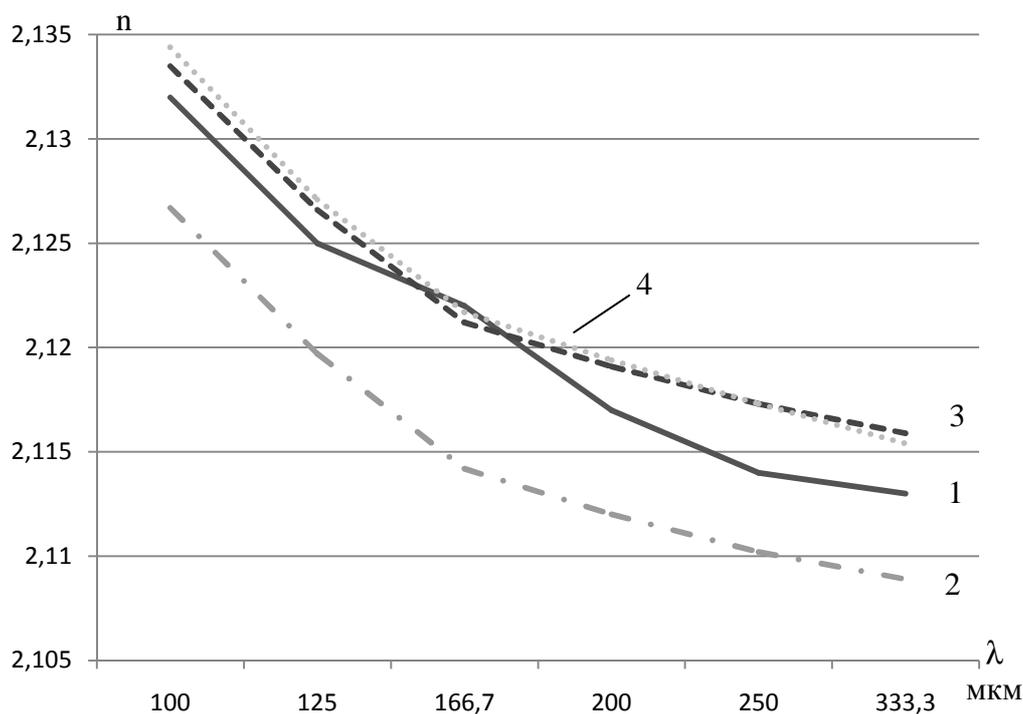


Рис. 2. Графики изменения показателей преломления кварца в субмиллиметровом диапазоне длин волн:
 1 – измеренный, 2 – по формуле (1), 3 – по формуле (6), 4 – по формуле (8)

Полиэтилен имеет низкий показатель преломления в субмиллиметровом диапазоне длин волн. В табл. 4 приведены измеренные ($n_{\text{изм}}$) и рассчитанные (n_p) по формулам (1), (6), (8) значения показателей преломления полиэтилена с найденными коэффициентами. Определена абсолютная (Δn) и относительная ($\Delta n/n_{\text{изм}}$) погрешность рассчитанных значений.

Таблица 4

Измеренные и рассчитанные показатели преломления полиэтилена

λ , мкм	$n_{\text{изм}}$	n_p	$\Delta n = n_p - n_{\text{изм}}$	$\Delta n/n_{\text{и}}$	$\Delta n/n_{\text{изм}}$, %
		По формуле (1): $a_0 = 2,29$; $a_1 = 0$; $a_2 = -23,22$			
100,0	1,5132	1,5140	0,0008	0,0005	0,05
125,0	1,5131	1,5137	0,0006	0,0004	0,04
166,7	1,5138	1,5135	0,0003	0,0002	0,02
200,0	1,5137	1,5134	0,0003	0,0002	0,02
250,0	1,5136	1,5133	0,0003	0,0002	0,02
333,3	1,5136	1,5133	0,0003	0,0002	0,02

Окончание табл. 4

λ , МКМ	$n_{\text{ИЗМ}}$	n_p	$\Delta n = n_p - n_{\text{ИЗМ}}$	$\Delta n/n_{\text{И}}$	$\Delta n/n_{\text{ИЗМ}}$, %
По формуле (6): $A = 2,3$; $B = 0$; $D = -0,01$					
100,0	1,5132	1,5167	0,0035	0,0023	0,23
125,0	1,5131	1,5167	0,0036	0,0024	0,24
166,7	1,5138	1,5166	0,0028	0,0019	0,18
200,0	1,5137	1,5166	0,0029	0,0019	0,19
250,0	1,5136	1,5165	0,0029	0,0019	0,19
333,3	1,5136	1,5165	0,0029	0,0019	0,19
По формуле (8): $n_0 = 1,51$; $A = -2,36$; $B = -713846,15$					
100,0	1,5132	1,5577	0,0445	0,0294	2,9407
125,0	1,5131	1,5238	0,0107	0,0070	0,7071
166,7	1,5138	1,5077	0,0061	0,0040	0,4029
200,0	1,5137	1,5045	0,0092	0,0060	0,6077
250,0	1,5136	1,5034	0,0102	0,0067	0,6738
333,3	1,5136	1,5039	0,0097	0,0064	0,6408

На рис. 3 приведены графики изменения показателя преломления полиэтилена в субмиллиметровом диапазоне длин волн, измеренные и рассчитанные по дисперсионным формулам.

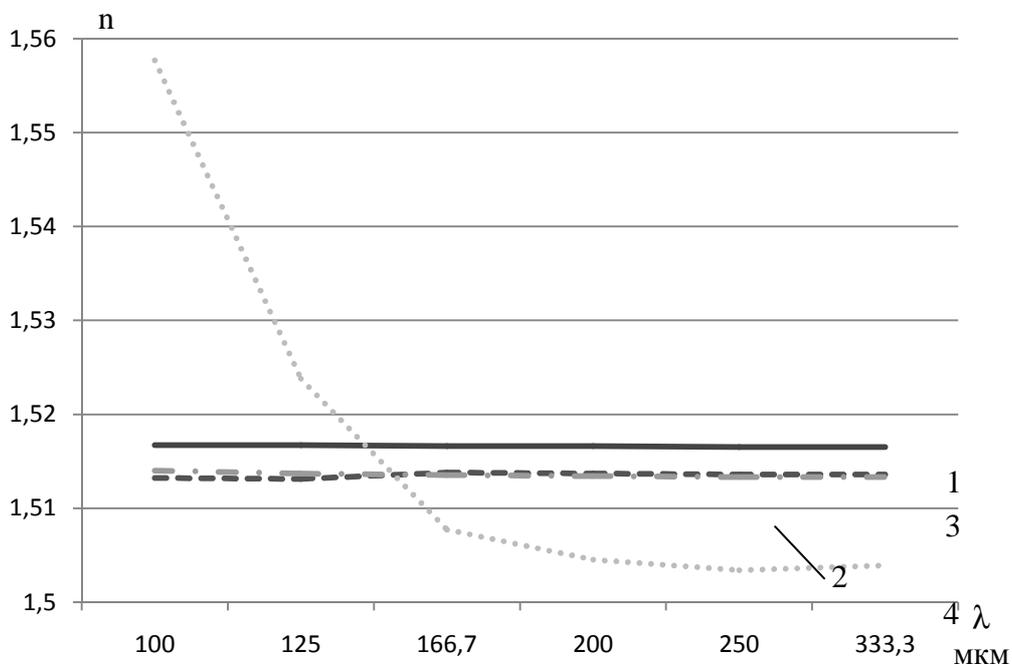


Рис. 3. Графики изменения показателей преломления полиэтилена в субмиллиметровом диапазоне длин волн:

1 – измеренный, 2 – по формуле (1), 3 – по формуле (6), 4 – по формуле (8)

На основе полученных результатов можно сделать некоторые выводы:

- определение показателей преломления материалов в субмиллиметровом диапазоне длин волн в области нормальной дисперсии по известным дисперсионным формулам возможно;

- точность рассчитанных значений показателей преломления по трем опорным точкам в области нормальной дисперсии достаточна для инженерных расчетов оптических систем;

- для материалов с большим значением показателя преломления меньшую погрешность обеспечивали формулы Шотта и Зелльмейера № 4;

- для материалов со средним значением показателя преломления меньшую погрешность обеспечивали формулы Зелльмейера № 4 и Конради;

- для материалов с низким значением показателя преломления меньшую погрешность обеспечивали формулы Шотта и Зелльмейера № 4.

Таким образом, можно предположить, что формула Зелльмейера № 4 наиболее точно описывает изменение показателей преломления материалов в субмиллиметровом диапазоне длин волн в области нормальной дисперсии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.zemax.com/help/Manual.pdf.
2. M. Bass. Handbook of Optics. The McGraw-Hill Companies, 1995. – 1606 p.
3. E.D. Palik. Handbook of Optical Constants of Solids. Vol 1, Academic Press, New York, 1985. – 724 p.
4. E.D. Palik. Handbook of Optical Constants of Solids. Vol 2, Academic Press, New York, 2010. – 1024 p.
5. Слюсарев Г.Г. Расчет оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1975. – 640 с.

Получено 02.03.2012

© Д.Г. Макарова, В.С. Ефремов, 2012

УДК 502

РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ВЫБОРОЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПАРТИЙ ПРОДУКЦИИ

Татьяна Михайловна Соловьева

Закрытое акционерное общество «Региональные электрические сети», филиал «Черепановские электрические сети», 633521, Россия, г. Черепаново, ул. К. Маркса, 1А, ведущий инженер службы ремонтов, тел. (383)454-72-84, e-mail: s_t_m_83@mail.ru

Предложена методика оценки достоверности результатов сплошного и выборочного выходного измерительного контроля изделий, основанная на применении метода имитационного моделирования. Приведен пример планирования многопараметрического контроля качества ограниченных партий изделий.

Ключевые слова: риски заказчика и производителя, выборочный контроль, имитационное моделирование.

DEVELOPMENT OF TECHNIQUES OF CONTROL SAMPLE MEASURING PARTY PRODUCTS

Tatiana M. Solovieva

The closed joint-stock company «Regional electric networks», Branch «Cherepanovsky electric networks», 633521, Russia, Cherepanovo, street K. Marksa, 1A, leading engineer of Service of repairs, tel. (383)454-72-84, e-mail: s_t_m_83@mail.ru

The technique of an estimation of reliability of results of continuous and selective target measuring control of the products, based on application of a method of imitating modeling is offered. The example of planning of multiple parameter quality assurance of the limited lot of products is resulted.

Key words: Customer's risk, Producer's risk, The selective surveillance, Simulation modeling.

Статья посвящена вопросам разработки методик сплошного и выборочного измерительного контроля качества продукции [1]. Рассмотрена ситуация, когда выходному контролю подвергаются изделия без явных дефектов. Не соответствующие требованиям нормативных документов (НД) изделия выявляются только при инструментальном контроле нескольких параметров изделий (контролируется несколько определяющих качество изделия параметров). Отметим, что планирование многопараметрического контроля является наиболее актуальной в современных условиях задачей.

Выделяют измерительный контроль и контроль по альтернативному признаку (далее – альтернативный). При измерительном контроле с помощью средств измерений (СИ) измеряются параметры изделия, характеризующие его безопасность и качество. Затем результаты измерений сравниваются с установленными в НД (стандартах или технических регламентах) допускаемыми значениями этих параметров. При выходе хотя бы одного параметра за допускае-

мую границу изделие признается не соответствующим требованиям (бракуется). Известно, что погрешности выполняемых при контроле измерений могут привести к ошибкам контроля 1-го рода (когда годное изделие ошибочно бракуется) и к ошибкам 2-го рода (когда фактически негодное изделие признается годным) [2–6].

Качество результатов контроля принято характеризовать степенью доверия к ним – достоверностью. Широко применяемыми показателями достоверности контроля являются вероятности ошибок контроля 1-го и 2-го рода, а также риски заказчика и производителя.

Вероятность ошибки контроля 1-го рода P_1 – это вероятность забраковать при контроле изделие при условии, что фактически оно годное (т. е. все параметры изделия находятся в поле допуска). Эта вероятность при серийном производстве характеризует среднюю долю ошибочно забракованных изделий среди всех поступивших на контроль фактически годных изделий.

Вероятность ошибки контроля 2-го рода P_2 – это вероятность признать в результате контроля годным изделие при условии, что фактически оно негодное (при серийном производстве характеризует среднюю долю признанных годными изделий среди всех поступивших на контроль фактически негодных изделий).

Вероятности ошибок контроля 1-го и 2-го рода характеризуют прежде всего качество методик контроля и их представляется целесообразным применять как критерии достоверности при планировании методик контроля единичных изделий или при мелкосерийном производстве. Для потребителей особенно важно, чтобы значение ошибки контроля 2-го рода было достаточно малым.

Риск производителя $R_{п}$ – безусловная вероятность забраковать годное изделие (при серийном производстве характеризует среднюю долю ошибочно забракованных годных изделий в партии поступивших на контроль изделий).

Риск заказчика $R_з$ – вероятность того, что изделие фактически негодно при условии, что в результате контроля оно признано годным (характеризует среднюю долю фактически негодных изделий среди всех признанных в результате контроля годными). Отметим, что $R_з$ является аналогом показателя ppm (аббревиатура от «part per million»), представляющего собой среднюю долю негодных изделий, приходящуюся на миллион выпущенных изделий. Этот показатель широко применяется за рубежом для характеристики качества технологических процессов при серийном и массовом производстве [7].

Риск заказчика зависит как от качества методики контроля, так и от доли негодных изделий среди поступающих на контроль (т. е. от качества производства). Его целесообразно использовать при оптимизации методик контроля серийно выпускаемой и массовой продукции [8].

Оценить риски заказчика и производителя с учетом погрешности измерений в случае многопараметрического контроля можно методом имитационного (статистического) моделирования [2–6, 8, 9].

Приведенные в [8, 9] экспериментальные оценки рисков заказчика и изготовителя получены с помощью имитационной модели контроля в предположении, что партия изделий велика (10^6 штук). Поэтому эти оценки достаточно близки к значениям математических ожиданий искомых рисков. Реальные партии продукции обычно меньше по объему, и оценки рисков заказчика и изготовителя (которые являются случайными величинами) для партий могут существенно отличаться от соответствующих математических ожиданий. Поэтому представляют интерес границы, в которых искомые риски могут находиться с большой вероятностью (доверительные границы).

Эти доверительные границы также могут быть найдены с помощью имитационной модели контроля способом, предложенным в [8]. В качестве верхней доверительной оценки рисков используются максимальные значения рисков (из оценок, которые получены при многократной имитации контроля выборок из партии изделий заданного объема). Граничные значения искомых рисков, полученные таким способом, при непрерывных одномодальных распределениях соответствуют достаточно высокой доверительной вероятности.

Рассмотрим пример. Некоторые экспериментально полученные при моделировании на компьютере результаты приведены ниже. В приведенном примере в качестве верхних доверительных границ рисков использованы максимальные значения рисков из тех оценок, которые получены при 50-кратной имитации контроля выборок из партии изделий (V_n). Полученные таким образом оценки рисков соответствуют достаточно высокой доверительной вероятности (не ниже 0,95).

Приведенные в предлагаемом примере результаты получены методом имитационного моделирования при следующих исходных данных. Процедура измерительного контроля имитировалась для двух партий, состоящих из одной и десяти тысяч изделий (т. е. $V_{n1} = 10^3$, $V_{n2} = 10^4$). Предполагалось, что качество каждого изделия характеризуется 30 подлежащими контролю идентичными независимыми параметрами. Все параметры, вследствие технологического разброса при производстве, являются случайными величинами и распределены по нормальному закону с известным математическим ожиданием (МО) и среднеквадратичным отклонением (СКО) σ . Предполагалось также, что МО параметров совпадают с номинальными значениями соответствующих параметров, а СКО может принимать значения 1 (при стандартной технологии производства) или 0,9 (при улучшенной технологии). Предельное допускаемое отклонение от МО (граница поля допуска) для всех параметров при моделировании принято равным 3.

Моделью погрешности измерений при контроле служила равномерно распределенная случайная величина с СКО $\sigma_{\text{и}} = 0,1$. Отметим, что распределения контролируемых параметров (и их численные характеристики) могут быть различными, так как модель допускает их изменение в соответствии с конкретными требованиями. Также может быть изменена модель погрешности измерений.

Объем контролируемой выборки изделий (V_k) принимался равным 0; 20; 40; 60; 80 и 100 % от объема партии. Например, для $V_{п1}$ при $V_k = 20$ % имитировался контроль 200 случайно выбранных изделий из 1 000, а при $V_k = 100$ % имитировался сплошной контроль. При вычислении оценок искомых рисков предполагалось, что заказчику поступают как признанные при контроле годными изделия, так и все не подвергнутые контролю изделия. В результате имитации контроля партии из $V_{п} = 10^6$ изделий были получены оценки искомых рисков, которые вследствие большого объема партии достаточно близки к математическим ожиданиям этих рисков. Указанные оценки рисков, очевидно, являются наиболее вероятными.

Также контроль имитировался, как отмечено, для партий $V_{п1}$ и $V_{п2}$ (по 50 раз при каждом значении V_k), и указанным способом были найдены оценки верхних доверительных границ искомых рисков («худшие» оценки).

Результаты расчетов рисков (в зависимости от объема выборки) приведены в таблице.

Таблица

Оценки рисков заказчика и производителя при $\sigma_{и} = 0,1$

Риски	σ	Оценки	Объем выборки V_k (%)					
			0	20	40	60	80	100
$R_{п}$	1,0	$V_{п} = 10^6$	0	0,25	0,50	0,76	1,0	1,27
		$V_{п1} = 10^4$	0	0,40	0,69	0,90	1,23	1,51
		$V_{п2} = 10^3$	0	0,60	1,10	1,60	1,80	1,90
	0,9	$V_{п} = 10^6$	0	0,11	0,22	0,34	0,43	0,55
		$V_{п1} = 10^4$	0	0,22	0,34	0,52	0,56	0,75
		$V_{п2} = 10^3$	0	0,40	0,60	0,80	1,20	1,10
$R_з$	1,0	$V_{п} = 10^6$	7,79	6,50	5,20	3,84	2,44	0,98
		$V_{п1} = 10^4$	8,23	7,27	5,55	4,25	2,70	1,24
		$V_{п2} = 10^3$	9,20	8,67	6,89	5,50	3,78	1,88
	0,9	$V_{п} = 10^6$	2,54	2,11	1,70	1,24	0,80	0,37
		$V_{п1} = 10^4$	2,87	2,49	1,99	1,44	1,04	0,55
		$V_{п2} = 10^3$	3,90	3,13	2,22	2,04	1,33	0,72

Отметим, что при объеме выборки $V_k = 0$ % контроль отсутствует. При этом, очевидно, риск производителя $R_{п} = 0$. Риск заказчика $R_з$ при $V_{п} = 10^6$ должен быть близок к математическому ожиданию доли негодных изделий в партии [7] или равен максимальной зафиксированной доле негодных изделий (при $V_{п1}$ или $V_{п2}$).

Рассмотрим, как могут быть использованы полученные результаты. Пусть, например, в контракте на поставку продукции (или в соответствующем техническом регламенте) установлено, что максимальный допустимый риск заказчика $R_3^d = 1\%$, и пусть СКО погрешности измерений $\sigma_n = 0,1$. Тогда из таблицы найдем, что при объеме партии, близком к $V_{п1}$ ($\sim 10^4$ изделий), риск заказчика с высокой вероятностью не превышает R_3^d только при улучшенной технологии производства (при $\sigma = 0,9$) и контроле более 80 % изделий. В этом случае граничное значение $R_3 = 1,04\%$, а $R_{п1} = 0,56\%$. Для партии в 1 000 изделий, чтобы обеспечить необходимое качество продукции после контроля, необходим практически сплошной контроль. При этом $R_{п1} = 1,1\%$.

Таким образом, разработанный метод оценки достоверности выходного выборочного многопараметрического контроля позволяет планировать методики контроля для малых партий изделий. При этом следует использовать верхние доверительные границы искомых рисков (которые также определяются методом имитационного моделирования).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 8.563-2009. ГСИ Методики (методы) измерений. – М.: Стандартинформ, 2010.
2. Рубичев Н.А., Фрумкин В.Д. Достоверность допускового контроля качества. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 172 с.
3. Данилевич С.Б. О специфике измерений и допускового измерительного контроля // Измерительная техника. – 2003. – № 8. – С. 16–19.
4. Данилевич С.Б., Данилевич К.С. Многопараметрический контроль качества // Методы менеджмента качества. – 2002. – № 12. – С. 12–15).
5. Данилевич С.Б., Княжевский В.В. Планирование выборочного измерительного контроля методом имитационного моделирования // Методы менеджмента качества. – 2004. – № 4. – С. 33–36.
6. Данилевич С.Б., Колесников С.С. Разработка методик эффективного контроля сложных объектов // Измерительная техника. – 2007. – № 5. – С. 19–22.
7. Розно М.И. Откуда берутся неприятности? // Стандарты и качество. – 2002. – № 11. – С. 14–20.
8. Данилевич С.Б. Разработка эффективных методик контроля и испытаний продукции: монография. – Новосибирск: Новосибирский филиал АСМС. Изд-во НГТУ, 2011. – 120 с.
9. Данилевич С.Б., Соловьева Т.М. Оценка достоверности результатов измерительного многопараметрического контроля // Главный метролог. – 2009. – № 5. – С. 43–46.

Получено 26.01.2012

© Т.М. Соловьева, 2012

ХРОНИКА

ЖИЗНЬ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИВАНА ТИМОФЕЕВИЧА АНТИПОВА, ПЕДАГОГА И УЧЕНОГО-АЭРОФОТОГЕОДЕЗИСТА

THE LIFE AND WORK OF IVAN T. ANTIPOV, EDUCATOR AND SCIENTIST-AEROFOTOGEODEZISTA



Антипов Иван Тимофеевич родился 2 декабря 1926 г. в Алтайском крае. Трудовую деятельность начал со службы в Советской Армии. Участник Великой Отечественной войны. Отмечен медалью «За победу над Германией» и многими юбилейными наградами.

После демобилизации из армии в 1947 г. поступил в НИИГАиК. Учился успешно, участвовал в студенческой научной работе. При переводе на 3-й курс ему была назначена государственная стипендия, которую он получил до завершения обучения.

По окончании НИИГАиК в 1952 г. был оставлен на кафедре фотограмметрии в должности заведующего лабораторией. В течение последующих лет упорно пополнял знания, усердно штудировав доступную литературу, анализируя основные формулы, для некоторых из них находя свои выводы. Через 1,5–2 года пришло осознание того, что может считать себя инженером.

В 1954–1957 гг. обучался в аспирантуре МИИГАиК. Готовясь к поступлению в аспирантуру, написал требовавшийся по специальности реферат. Реферат рецензировал профессор кафедры фотограмметрии МИИГАиК, звезда первой величины того времени А.С. Скиридов, в своем отзыве указавший высокое качество подготовки соискателя и его реферата, содержащего нетривиальные выводы.

В аспирантуре научным руководителем И.Т. Антипова был Ф.В. Дробышев – крупнейший советский ученый, внесший огромный вклад в развитие отечественной фотограмметрии. В тот период Ф.В. Дробышев трудился над созданием стереографа CD, ставшего почти на четыре десятилетия основным прибором в камеральном производстве аэрогеодезических предприятий. И.Т. Анти-

пов помогал своему научному руководителю, осуществлял экспериментальные исследования, обучал сотрудников завода «Аэрогеоприбор» методике сборки и юстировки прибора, составил первое заводское описание прибора, буквально «на руках вынянчил» первую партию приборов, выпущенную заводом. За участие в разработке стереографа И.Т. Антипов награжден медалью ВДНХ СССР.

В своей кандидатской диссертации И.Т. Антипов обобщил принципы действия аналоговых фотограмметрических приборов с преобразованными связками проектирующих лучей. Его диссертация была переведена в Германии и по ней видные западные специалисты изучали методы преобразования связок и реализацию этих методов в российских приборах.

После защиты диссертации И.Т. Антипов возвратился в НИИГАиК, где прошел путь от ассистента до заместителя ректора института по научной и учебной работе и заведующего кафедрой фотограмметрии.

В 1969 г. перешел на производственную работу в первый отраслевой информационно-вычислительный центр ГУГК СССР при Предприятии № 8, где был сначала руководителем группы программирования, а затем – начальником центра. Под руководством И.Т. Антипова составлен большой круг программ для решения геодезических и фотограмметрических задач. В этот период он подготовил и успешно защитил докторскую диссертацию.

В 1977 г. И.Т. Антипов назначен директором Научно-исследовательского института прикладной геодезии, который возглавлял 11 лет. При нем окончательно сформировалась основная тематика института и его структура, достигнуты заметные успехи в разработке новых приборов, технологий и методических документов. На базе Предприятия № 8 и НИИ прикладной геодезии было образовано Всесоюзное производственное объединение «Инженерная геодезия», а И.Т. Антипов назначен первым заместителем начальника объединения. В этом качестве ему не раз приходилось замещать начальника, вникать в работу и полевых экспедиций, и камеральных цехов предприятия.

За плечами И.Т. Антипова два десятка служебных командировок в разные страны Европы, Америки, Африки и Азии. В 1982 г. в аппарате ООН И.Т. Антипов был выбран в качестве эксперта для двухлетней работы в Ливии. Однако руководство ГУГК, не имея в то время другого человека, подходящего для назначения на должность директора НИИПГ, воспротивилось этой командировке.

Лишь с достижением пенсионного возраста, сложив с себя функции директора НИИПГ, И.Т. Антипов смог поехать в длительную командировку. В 1989–1992 гг. он находился в Республике Куба, являясь консультантом главного инженера АГП в Гаване. При нем была проведена существенная модернизация камеральных подразделений предприятия и применяемых технологий работ. Особое внимание уделено процессам вычислительной обработки посредством ЭВМ.

Распад СССР и свертывание прежних межгосударственных отношений прервали работу И.Т. Антипова на Кубе, и он вернулся на родину, уже в Россию. В 1992–1998 гг. он оставался главным научным сотрудником НИИПГ

(преобразованного в 1993 г. в центр «Сибгеоинформ»), где сосредоточился на адаптации ранее разработанных алгоритмов и программ к персональным ЭВМ.

В 1999 г. возвратился к учебно-педагогической деятельности на кафедре фотограмметрии и дистанционного зондирования СГГА.

И.Т. Антипов – автор около 100 научных работ. Главным итогом его научно-производственной деятельности является программное обеспечение для пространственной фототриангуляции и решения других фотограмметрических задач. Первая программа, составленная им совместно с аспирантом Н.Ф. Добрыниным, была внедрена в предприятиях № 1 и 8 ГУГК в начале 1968 г. Эта программа получила высокую оценку производства, что на долгие годы предопределило дальнейшую научную судьбу И.Т. Антипова, побудив его сосредоточиться на разработке программных продуктов для топографо-геодезического производства.

До настоящего времени он постоянно развивает и обновляет комплекс программ для технологической обработки фотограмметрических измерений применительно к меняющимся средствам вычислительной техники и требованиям производства. Программы И.Т. Антипова являются основным средством для камерального сгущения геодезического обоснования по аэрофотоснимкам в предприятиях и организациях государственной топографо-геодезической отрасли, военно-топографической службы, во многих ведомственных и частных организациях России и стран СНГ, выполняющих топографические и специальные съемки местности с применением аэро- и космических снимков. За четыре десятилетия с помощью программ И.Т. Антипова построены фототриангуляционные сети, общая площадь которых сопоставима с территорией СССР. Его программы использованы также при картографировании Монголии, Афганистана, Кубы, Сомали, Никарагуа. За разработку и внедрение аналитической фототриангуляции И.Т. Антипов вместе с группой других специалистов был награжден в 1984 г. медалью Ф.Н. Красовского – высшей отраслевой наградой страны.

Работая на производстве, И.Т. Антипов активно участвовал в общественной жизни г. Новосибирска. Он дважды избирался депутатом Центрального районного совета народных депутатов, руководил депутатской комиссией по науке и технике. Был заместителем председателя Национального комитета фотограмметристов СССР, а также заместителем председателя Западносибирского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества. За общественную деятельность и успешное руководство научно-исследовательским институтом портрет И.Т. Антипова был помещен на районную Доску почета.

И.Т. Антипов никогда не терял связи с кафедрой фотограмметрии. Он консультировал сотрудников кафедры, руководил дипломным проектированием, неоднократно возглавлял Государственную экзаменационную комиссию. Им подготовлено 8 кандидатов наук, причем двое из них стали впоследствии докторами технических наук.

После возвращения на кафедру фотограмметрии и дистанционного зондирования И.Т. Антипов читает обзорные лекции, участвует в научно-методической работе кафедры. Его комплекс программ используется в учебном процессе и при выполнении научных исследований и хозяйственных работ. Им подготовлена монография «Математические основы пространственной аналитической фототриангуляции». Не прерываются связи И.Т. Антипова с производственными организациями. В 1999–2002 гг. его комплекс программ Фотоком-32 был внедрен в 20 топографо-геодезических организациях. В 2002 г., сотрудничая с ЦНИИГАиК, он составил программу уравнивания фототриангуляции для цифровой фотограмметрической станции «Дельта», которая быстро начала распространяться по предприятиям Роскартографии. И.Т. Антипов является одним из соавторов новой «Инструкции по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов», официально утвержденной в 2002 г.

За успехи в учебной, производственной и научной работе И.Т. Антипов награжден орденом «Знак почета» (1967 г.), ему присвоено звание «Заслуженного работника геодезии и картографии Российской Федерации» (1988 г.) и «Почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации» (2003 г.). Является почетным профессором СГГА. Неоднократно награждался почетными грамотами ГУГК СССР и Роскартографии, а также областными, городскими, районными почетными грамотами и грамотами СГГА. Имеет медаль «Ветеран труда» (1986 г.), а также знаки «Отличник геодезии и картографии» и «Почетный геодезист».

И.Т. Антипов хорошо известен среди специалистов как внутри нашей страны, так и за ее пределами. В 1976 г. на XII конгрессе Международного фотограмметрического общества (ныне – МОФДЗ) И.Т. Антипов был избран президентом технической комиссии III «Математический анализ данных». В 1978 г. он председательствовал на международном симпозиуме этой комиссии, проходившем в Москве. В 1980 г. на XIII конгрессе МОФДЗ в Гамбурге И.Т. Антипов избран вторым вице-президентом общества. По поручению тогдашнего совета общества И.Т. Антипов составил проекты новых уставных документов (Status и By-Laws). Эти документы были приняты обществом в 1984 г. на XIV конгрессе в Рио-де-Жанейро, причем предварительная независимая экспертиза констатировала, что подготовленные проекты превосходят аналогичные документы других организаций, сотрудничающих с МОФДЗ.

С 2004 г. И.Т. Антипов является членом «Клуба белых слонов», существующего при МОФДЗ. В 2010 г. исполнилось 100 лет со дня образования МОФДЗ. В честь этого знаменательного события в Австрии при Венском университете проведен юбилейный конгресс. На этом конгрессе двенадцать известных международному сообществу деятелей со всего мира получили персональное почетное членство в обществе (ISPRS Fellowship) в знак признания их большого вклада в работу МОФДЗ. Среди этих двенадцати был и представитель России – И.Т. Антипов.

Информацию об И.Т. Антипове можно найти в Энциклопедии «Новосибирск», изданной в 2003 г. к столетию города, а также в Биографической энциклопедии успешных людей России «Who is Who в России» (4-е издание, 2010 г.). Его имя упоминается в энциклопедии «Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр» (2008 г.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипов И.Т. Энциклопедия «Новосибирск». – Новосибирск: Новосибирское книжное издательство, 2003.
2. Антипов И.Т. Who is who в России. 4-е изд., 2010.
3. Тетерин Г.Н. История геодезии – двадцатый век (Россия, СССР). – Новосибирск, ИД «Манускрипт», 2010.
4. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр. Энциклопедия в 2-х томах. – М.: Геодезкартиздат, 2008.
5. Архив СГГА (НИИГАиК).

Редколлегия журнала «Вестник СГГА»

ИТОГИ РАБОТЫ ДИССЕРТАЦИОННЫХ СОВЕТОВ В 2011 ГОДУ

THE RESULTS OF THE WORK OF DISSERTATION COUNCILS IN 2011

Подведены итоги работы диссертационных советов при Сибирской государственной геодезической академии в 2011 году.

В диссертационном совете ДМ 212.251.01 успешно прошли защиты:

- кандидатской диссертации Кремис Игоря Ивановича «Разработка и исследование системы оптико-электронной обработки сигналов в тепловизорах с матричными приемниками излучения» по специальности 05.11.07 – «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы», выполненной на кафедре наносистем и оптоэлектроники СГГА и в отделе прикладной оптико-электронной техники и испытаний в Новосибирском филиале Учреждения Российской академии наук Институте физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения РАН «Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники». Научный руководитель – кандидат технических наук В.М. Тымкул.

- кандидатской диссертации Кузнецова Максима Михайловича «Совершенствование оптических методов псевдоцветового кодирования изображений для фотометрических измерений» по специальности 01.04.05 – «Оптика», выполненной на кафедре технологии оптического производства СГГА. Научный руководитель – доктор технических наук М.Ф. Носков.

- кандидатской диссертации Теплых Александра Николаевича «Разработка и исследование модели индикаторов веса и ее метрологического обеспечения для применения в отраслях нефтегазовой промышленности» по специальности 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение», выполненной на кафедре инженерной геодезии и информационных систем СГГА. Научный руководитель – доктор технических наук Г.А. Уставич.

- кандидатской диссертации Курбатовой Надежды Анатольевны «Разработка и исследование миниатюрных ампул реперных точек для эталонных мер температуры» по специальности 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение», выполненной на кафедре «Метрология, стандартизация и сертификация» СГГА. Научный руководитель – доктор технических наук В.Я. Черепанов.

- кандидатской диссертации Бояркеевой Ольги Владимировны «Применение методов имитационного моделирования для исследования точности беззапросных траекторных измерений по навигационным спутникам ГЛОНАСС» специальности 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение», выполненной на кафедре метрологии, стандартизации и сертификации СГГА. Научный руководитель – кандидат технических наук А.С. Толстиков.

- кандидатской диссертации Елистратовой Ирины Борисовны «Применение теории графов для совершенствования метрологического обеспечения производства с учетом стандартов серии ИСО 9000» по специальности 05.11.15 –

«Метрология и метрологическое обеспечение», выполненной на кафедре «Линии связи» Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Ю.А. Пальчун.

В диссертационном совете Д 212.251.02 успешно прошли защиты:

- кандидатской диссертации Михайлович Елены Владимировны «Методика учета возмущающих сил и преобразования координат в динамическом методе космической геодезии» по специальности 25.00.32 – «Геодезия», выполненной на кафедре астрономии и гравиметрии СГГА. Научный руководитель – кандидат технических наук В.А. Ащеулов.

- кандидатской диссертации Жидова Виталия Михайловича «Разработка и исследование системы геодезического контроля пространственного положения железнодорожных путей» по специальности 25.00.32 – «Геодезия», выполненной на кафедре инженерной геодезии Сибирского государственного университета путей сообщения Министерства транспорта Российской Федерации и на кафедре инженерной геодезии и информационных систем СГГА. Научный руководитель – кандидат технических наук В.В. Щербаков.

- докторской диссертации Медведева Павла Александровича «Теория и методология повышения эффективности и точности решения главных геодезических задач на поверхности эллипсоида и в пространстве» в виде рукописи по специальности 25.00.32 – «Геодезия», выполненной на кафедре прикладной геодезии, фотограмметрии и географических информационных систем Омского государственного аграрного университета.

- кандидатской диссертации Алтынцева Максима Александровича «Разработка методик автоматизированного дешифрирования многозональных космических снимков высокого разрешения для мониторинга природно-территориальных комплексов» по специальности 25.00.34 – «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия», выполненной на кафедре фотограмметрии и дистанционного зондирования СГГА. Научный руководитель – доктор технических наук А.П. Гук.

В диссертационном совете Д 212.251.04 успешно прошли защиты:

- кандидатской диссертации Межуевой Татьяны Васильевны по специальности 25.00.26 – «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель» выполненной на кафедре экономики землеустройства и недвижимости СГГА. Научный руководитель – доктор технических наук Г.Г. Шалмина.

- кандидатской диссертации Ильиных Анастасии Леонидовны «Разработка базы геопространственных данных мониторинга земель сельскохозяйственного назначения» по специальности 25.00.26 – «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель», выполненной на кафедре кадастра СГГА. Научный руководитель – кандидат технических наук И.А. Гиниятов.

- кандидатской диссертации Фадеенко Натальи Валерьевны «Разработка и исследование модели рекреационного землепользования прибрежной территории водохранилищ (на примере Новосибирского водохранилища)» по специ-

альности 25.00.26 – «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель», выполненной на кафедре кадастра СГГА. Научный руководитель – кандидат технических наук А.В. Дубровский.

Редакция журнала искренне поздравляет авторов, руководителей и консультантов выполненных научных исследований и надеется на плодотворное сотрудничество.

(По материалам отчетов
председателей диссертационных советов
Д 212.251.01, Д 212.251.02, Д 212.251.04)

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОДЕЗИЯ

1. <i>А.В. Кошелев, А.П. Карпик, В.А. Середович.</i> Фемтосекундный лазерный дальномер с распространением излучения в вакуумированной трубе.....	3
2. <i>В.Г. Колмогоров.</i> К вопросу о возможности изучения деформационного состояния земной поверхности по результатам повторного высокоточного нивелирования.....	9
3. <i>В.П. Дедов.</i> Псевдогравитационный сигнал, формирующийся в пружинном гравиметре под воздействием микросейсмических волн естественного эндогенного происхождения, и использование этого сигнала в геолого-разведке	15
4. <i>В.А. Падве.</i> Геодезия без ... геодезической (координатизация поверхности эллипсоида вращения по азимутам прямых нормальных сечений)	24
5. <i>Джоел ван Кроненброк.</i> Применение технологий ГНСС для деформационного мониторинга сооружений	29
6. <i>Н.Б. Лесных, В.Е. Мизин.</i> Сравнительная характеристика результатов двух статистических методов анализа разностей повторных измерений	41
7. <i>Г.Н. Тетерин.</i> Символ устаревшей идеологии	47
8. <i>Н.С. Косарев.</i> Восстановление фазы несущей: проблемы и пути решения	53
9. <i>Л.А. Зверев.</i> Типы морских волн, их характеристики и классификация при проектировании и возведении гидротехнических сооружений на шельфе Арктических и замерзающих морей.....	60
10. <i>А.В. Кошелев, А.П. Карпик, С.С. Овчинников, А.А. Дубинина.</i> Учет корректного показателя преломления атмосферы в результатах измерений современными дальномерами и электронными тахеометрами	67

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

11. <i>В.Б. Жарников, В.Н. Щукина.</i> Обеспечение условий устойчивого землепользования в проектах разработки месторождений на территориях традиционного природопользования	72
12. <i>А.Л. Ильиных.</i> Структура и содержание базы данных автоматизированной информационной системы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения.....	79
13. <i>И.А. Гиниятов.</i> О классификации документов государственного кадастра недвижимости	85
14. <i>А.А. Бочарова.</i> Постановка на государственный кадастровый учет земель лесного фонда: проблемы и решения	88

ГЕОИНФОРМАТИКА

15. *И.Г. Вовк*. Математическое моделирование в прикладной геоинформатике 94

КАРТОГРАФИЯ

16. *О.Н. Николаева, Л.А. Ромашова, О.А. Волкова*. Роль картографического метода исследования в решении проблем радиационной обстановки окружающей среды 104
17. *И.П. Кокорина*. Создание карт обилия и запасов охотничьих видов птиц на Западно-Сибирской равнине 109

ОПТИКА, ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

18. *Е.В. Грицкевич, Д.А. Скворцов, П.О. Гептнер, О.Ю. Проценко*. Виртуальные испытания систем технического зрения 114
19. *Д.Г. Макарова, В.С. Ефремов*. Применение дисперсионных формул материалов в субмиллиметровом диапазоне длин волн 122
20. *Т.М. Соловьева*. Разработка методик выборочного измерительного контроля партий продукции 133

ХРОНИКА

21. Жизнь и деятельность Ивана Тимофеевича Антипова, педагога и ученого-аэрофотогеодезиста 138
22. Итоги работы диссертационных советов в 2011 году 143

CONTENTS

GEODESY

1. <i>A.V. Koshelev, A.P. Karpik, W.A. Seredovch.</i> Femtosecond laser ranger with the radiation propagation in a vacuum processed tube.....	3
2. <i>V.G. Kolmogorov.</i> To the issue of the possibility of ground surface strain state study based on repetitive high-precision leveling measurements.....	9
3. <i>V.P. Dedov.</i> The pseudo-gravitational signal formed in spring гравиметре under the influence of microseismic waves natural эндогенного of the origin, and use of this signal in geological prospecting	15
4. <i>V.A. Padve.</i> The geodesy to go without ... geodesic line (coordinatization of the ellipsoid of rotation surface by the direct normal section azimuths).....	24
5. <i>Joël Van Cranenbroeck.</i> GNSS-technologies application for structural deformation monitoring	29
6. <i>N.B. Lesnykh, V.E. Mizin.</i> The comparative characteristic of results of two statistical methods of the analisis of differences of repeated measurements	41
7. <i>G.N. Teterin.</i> Symbol of outdated ideology	47
8. <i>N.S. Kosarev.</i> Restoration of carrier phase: problems and decision ways.....	53
9. <i>L.A. Zverev.</i> Types of sea waves, their characteristics and classification in designing and construction of hydraulic engineering structures on the shelf of the Arctic and freezing seas	60
10. <i>A.V. Koshelev, A.P. Karpik, S.S. Ovchinnikov, A.A. Dubinina.</i> Control of atmosphere refractin index correct values in the measurement resalts of modern laser rangers and total stations	67

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING

11. <i>V.B. Zharnikov, V.N. Shyukina.</i> Maintenance of conditions of steady land tenure in projects of development of deposits in territories of traditional wildlife management	72
12. <i>A.L. Ilyinykh.</i> Structure and content of database of automated information system for monitoring agricultural land	79
13. <i>I.A. Giniyatov.</i> About classification of documents of the state cadastre of real estate	85
14. <i>A.A. Bocharova.</i> Formulation of state cadastral registration of forest land: problems and solutions	88

GEOINFORMATION SYSTEMS

15. <i>I.G. Vovk.</i> Mathematical modeling in applied geoinformatics	94
---	----

MAPPING

16. *O.N. Nikolaeva, L.A. Romashova, O.A. Volkova.* Role of the cartographical method of research in the decision of problems of radiating conditions of environment..... 104
17. *I.P. Kokorina.* Creating distributional and population hunting birds maps of Western Siberia..... 109

OPTICS, ELECTRO-OPTICAL DEVICES AND SYSTEMS

18. *Eu.W. Gritskewich, D.A. Skvortsov, P.O. Geptner, O.Y. Procenko.* Virtual testing of vision systems..... 114
19. *D.G. Makarova, V.S. Efremov.* Application of dispersive formulas of materials in the submillimetric range of lengths of waves 122
20. *T.M. Solovieva.* Development of techniques of control sample measuring partyproducts..... 133

CHRONICLE

21. The life and work of Ivan T. Antipov, educator and scientist-aerofotogeodezista 138
22. The results of the work of dissertation councils in 2011 143

Правила оформления статей

Журнал «Вестник СГГА» публикует статьи, представляющие научный и практический интерес по современным вопросам наук о Земле, а также оптики, экономики, образования и пр.

Оформление статей, направленных в журнал, должно строго соответствовать приведенным правилам.

1. Статья должна быть представлена в редакцию журнала на одной стороне стандартного листа формата А4, а также в электронном варианте (на электронном носителе CD или по электронной почте: vestnik@ssga.ru).

2. Статья должна быть тщательно выверена автором. За достоверность и точность приведенных фактов, цитат, географических названий, собственных имен и прочих сведений несет ответственность автор.

3. Статья должна быть подписана автором (при наличии нескольких авторов – всеми соавторами).

4. К статье прилагаются экспертное заключение о возможности опубликования, рецензия.

5. К статье соискателя, аспиранта обязательно прилагается рецензия научного руководителя.

6. Объем статьи (без информации об авторах), включая таблицы, иллюстративный материал и библиографический список, не должен превышать 10 страниц компьютерного текста (для гуманитарных наук – 16 страниц).

7. Порядок оформления статьи:

– УДК;

на русском и английском языках:

– заголовок;

– сведения об авторах: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученое звание, должность, полное название места работы, его почтовый адрес, телефон, адрес электронной почты;

– аннотация статьи;

– ключевые слова.

Далее – основной текст статьи, библиографический список.

8. Текстовый материал должен быть набран на компьютере в формате Word 2003.

9. Кегль (размер) шрифта основного текста статьи – 14 пт, тип – Times New Roman, межстрочный интервал – одинарный.

10. Поля: левое, правое, верхнее и нижнее – по 20 мм, абзацный отступ – 10 мм, выравнивание по ширине.

11. Заголовок статьи набирается прописными буквами (шрифт Arial, кегль – 12).

12. Аннотация и ключевые слова набираются шрифтом Times New Roman, кегль – 12. Аннотация включает характеристику основной темы, проблемы объекта, цели работы и ее результаты. В аннотации указывают, что нового несет в себе данный документ в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению. Средний объем аннотации – не более 500 печатных знаков. Ключевые слова выбираются из текста публикуемого материала.

13. Названия и номера рисунков указываются под рисунками, названия и номера таблиц – над таблицами. Таблицы, схемы, рисунки, формулы, графики не должны выходить за пределы указанных полей.

14. Таблицы и рисунки должны быть помещены в тексте после абзацев, содержащих ссылки на них.

15. Ссылки на литературу помещаются в квадратных скобках. Библиографический список оформляется строго в соответствии с ГОСТ 7.05–2008 «Библиографическая ссылка».

16. Математические и химические формулы, а также знаки, символы и обозначения должны быть набраны на компьютере (сканированные формулы не принимаются). В формулах относительные размеры и взаимное расположение символов и индексов должны соответствовать их значению, а также общему содержанию формулы.

17. Формулы, набранные в редакторе формул, должны иметь кегль – 14, кегль индексов – 10. Буквы латинского алфавита, применяемые для обозначения единиц величин, набирают курсивом, буквы греческого алфавита, а также некоторые обозначения математических величин (\cos , \sin , tg , \lim , const , \lg и т. п.) – прямым шрифтом.

18. Научная терминология, обозначения, единицы измерения, символы, применяемые в статье, должны строго соответствовать требованиям государственных стандартов.

19. В авторском оригинале необходимо пронумеровать страницы по порядку.

20. Не допускается применение выделений в тексте статьи (жирного шрифта, курсива и т. п.).

21. Иллюстрации, приведенные в статье, должны быть высокого качества, хорошо читаемы и представлены в одном файле с текстом статьи.

22. Не допускается применение фоновых рисунков и заливки в схемах, таблицах.

23. Словесные надписи и числа на иллюстрациях должны иметь размер шрифта 12 пт.

При несоблюдении указанных правил редакция журнала не принимает статью к изданию.

Плата за публикацию статей с авторов не взимается.

Научное издание

**ВЕСТНИК
СГГА**
(СИБИРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ)

Выпуск 1 (17)

Технический редактор редколлегии журнала: *И.О. Колганова*
Тел. (383)361-05-66, e-mail: vestnik@ssga.ru

Редактор: *Е.К. Деханова*
Компьютерная верстка: *Н.Ю. Леоновой*
Перевод на английский язык: *И.В. Никоновой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.97.
Подписано в печать 30.03.2012. Формат 70x100 1/16.
Печать цифровая.
Усл. печ. л. 12,26. Тираж 1 000 экз.
Заказ 21. Цена договорная.
Гигиеническое заключение
№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГГА
630108, Новосибирск, 108, Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГГА
630108, Новосибирск, 108, Плахотного, 8.