

Издается
Московским
государственным
университетом
геодезии
и картографии
(МИИГАиК)
с 2008 года

e-ISSN 2782-6678

Published by
MIIGAIK since 2008

Пространственные данные: наука и технологии

Spatial Data: Science, Research and Technology

15 | 04 | 2024

Научное издание
Московского государственного университета
геодезии и картографии (МИИГАиК)

Пространственные данные: наука и технологии

Scientific peer-reviewed journal
"Spatial Data: Science, Research and Technology"

15 | 04 | 2024

Москва, Россия
Moscow, Russia

О журнале

ПОЛНОЕ НАЗВАНИЕ

Научный журнал «Пространственные данные: наука и технологии»

СОКРАЩЕННОЕ НАЗВАНИЕ

«Пространственные данные: наука и технологии»

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАЗВАНИЕ

Spatial Data: Science, Research and Technology

СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ

геодезия, геоинформатика, картография, землеустройство, кадастр, мониторинг земель, геоэкология, геофизика, маркшейдерское дело, горнопромышленная и нефтегазопромышленная геология, системный анализ, машинное обучение, искусственный интеллект

УЧРЕДИТЕЛЬ, ИЗДАТЕЛЬ

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК)

ЛИЦЕНЗИЯ

материалы журнала распространяются в открытом доступе по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

СТРАНА, ГОРОД

Россия, Москва

ДАТА ОСНОВАНИЯ

2008 год

ПЕРИОДИЧНОСТЬ

4 выпуска в год

ЯЗЫКИ

русский язык
(полнотекстовая версия),
английский язык (метаданные)

e-ISSN

2782-6678

ВЕБ-САЙТ

www.miigaik.ru/journal

СВИДЕТЕЛЬСТВО О СМИ

серия Эл № ФС77-85558
(сетевое СМИ)

ИНДЕКСИРОВАНИЕ

РИНЦ
(НЭБ eLIBRARY.RU)

About the journal

INTERNATIONAL TITLE

Spatial Data: Science, Research and Technology

SUBJECT AREAS

Geodesy, geoinformatics, cartography, land management, cadastre, land monitoring, geoecology, geophysics, mining and oil and gas geology, system analysis, machine learning, artificial intelligence

FOUNDED AND PUBLISHED BY

Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK)

LICENSE

The material is published on the basis of Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

INDEXING

Russian Science Citation Index
(Scientific Electronic Library eLIBRARY.RU)

LOCATION

Moscow, Russia

ESTABLISHED IN

2008

FREQUENCY

quarterly scientific journal

LANGUAGES

Russian (main text),
English (metadata)

e-ISSN

2782-6678

WEBSITE

www.miigaik.ru/journal

Редакционная коллегия

Редакция

Отдел наукометрии
и издательской
деятельности

Выпускающий редактор:

Фомина Н.В.

Научный редактор:

Шишкина М.В.

Технический редактор:

Журавлёва Е.Д.

Компьютерная верстка:

Леднёва С.В.

Дизайн-макет:

Леднёва С.В.

Учредитель

и издатель

ФГБОУ ВО
«Московский
государственный
университет геодезии
и картографии»

Адрес

105064, Москва,
Гороховский пер., 4

e-mail:

info@spacejournal.ru

Подписано в печать

27.12.2024.

Гарнитура Ubuntu.

© МИИГАиК

Главный редактор

Камынина Надежда Ростиславовна

д-р экон. наук (Москва, Россия)

Заместитель главного редактора

Матерухин Андрей Викторович

д-р техн. наук (Москва, Россия)

Атаманов Сергей Александрович д-р техн. наук (Москва, Россия)

Ашихмина Тамара Яковлевна д-р техн. наук (Киров, Россия)

Братков Виталий Викторович д-р геогр. наук (Москва, Россия)

Булаева Нуржаган Маисовна д-р техн. наук (Махачкала, Россия)

Воробьёв Андрей Владимирович д-р техн. наук (Уфа, Россия)

Воробьёва Гульнара Равилевна д-р техн. наук (Уфа, Россия)

Вшивкова Ольга Владимировна д-р техн. наук (Москва, Россия)

Гайрабеков Ибрагим Гиланиевич д-р техн. наук (Грозный, Россия)

Гарбук Сергей Владимирович канд. техн. наук (Москва, Россия)

Григорьев Сергей Александрович д-р техн. наук (Москва, Россия)

Гусев Владимир Николаевич д-р техн. наук (С.-Петербург, Россия)

Кашников Юрий Александрович д-р техн. наук (Пермь, Россия)

Колоденкова Анна Евгеньевна д-р техн. наук (Самара, Россия)

Кулагин Владимир Петрович д-р техн. наук (Москва, Россия)

Малинников Василий Александрович д-р техн. наук (Москва, Россия)

Пененко Алексей Владимирович д-р техн. наук (Новосибирск, Россия)

Розенберг Игорь Наумович д-р техн. наук (Москва, Россия)

Сугаипова Лейла Супьяновна д-р техн. наук (Москва, Россия)

Темкин Игорь Олегович д-р техн. наук (Москва, Россия)

Сученко Владимир Николаевич д-р техн. наук (Москва, Россия)

Ульянов Сергей Викторович д-р физ.-мат. наук (Дубна, Россия)

Editorial Board

Editorial Office

Department
of Scientometrics
and Publication

Project Management by:

Nina V. Fomina

Edited by:

Mariya V. Shishkina

Illustrations by:

Ekaterina D. Zhuravlyova

Layout design by:

Svetlana V. Ledneva

Cover design by:

Svetlana V. Ledneva

Founded

and published by

Moscow State University
of Geodesy and Cartography

Address

4, Gorokhovskiy pereulok,
Moscow, Russia, 105064

e-mail:

info@spacejournal.ru

Published:

27.12.2024.

Font family: Ubuntu

© MIIGAIK

Editor-in-Chief

Nadezhda R. Kamynina
DSc (Moscow, Russia)

Deputy Editor-in-Chief

Andrei V. Materukhin
DSc (Moscow, Russia)

Tamara Ya. Ashikhmina DSc (Kirov, Russia)

Sergey A. Atamanov DSc (Moscow, Russia)

Vitaly V. Bratkov DSc (Moscow, Russia)

Nurzhagan M. Bulaeva DSc (Makhachkala, Russia)

Ibragim G. Gairabekov DSc (Grozny, Russia)

Sergey V. Garbuk PhD (Moscow, Russia)

Sergey A. Grigoriev DSc (Moscow, Russia)

Vladimir N. Gusev DSc (Saint-Petersburg, Russia)

Yuriy A. Kashnikov DSc (Perm, Russia)

Anna E. Kolodenkova DSc (Samara, Russia)

Vladimir P. Kulagin DSc (Moscow, Russia)

Vasiliy A. Malinnikov DSc (Moscow, Russia)

Alexey V. Penenko DSc (Novosibirsk, Russia)

Igor N. Rozenberg DSc (Moscow, Russia)

Vladimir N. Suchenko DSc (Moscow, Russia)

Leyla S. Sugaipova DSc (Moscow, Russia)

Igor O. Temkin DSc (Moscow, Russia)

Sergey V. Ulyanov DSc (Dubna, Russia)

Andrei V. Vorobev DSc (Ufa, Russia)

Gulnara R. Vorobeva DSc (Ufa, Russia)

Olga V. Vshivkova DSc (Moscow, Russia)

Содержание

ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Моро П.Н., Луговской А.М.** **8**
Пространственное моделирование в геоэкологии: оценка пространственных моделей для предсказания экологических изменений

ГЕОДЕЗИЯ

- Староверов С.В., Куликов К.Ф., Клыпин И.А.** **18**
Исследование точности самоустановки линии визирования высокоточных цифровых нивелиров
- Швидкий В.Я.** **31**
К вопросу межевания селитебных земель в России

Contents

GEOECOLOGY

- Moro P.N., Lugovskoy A.M.** **8**
Spatial modeling in geoecology: evaluating spatial models to predict environmental change

GEODESY

- Staroverov S.V., Kulikov K.F., Klypin I.A.** **18**
Investigation of the accuracy of self-installation of the line of sight of high-precision digital levels
- Shvidky V.Ya.** **31**
On the issue of land surveying in Russia



Пространственное моделирование в геоэкологии: оценка пространственных моделей для предсказания экологических изменений

П.Н. Моро¹✉, А.М. Луговской²

АФФИЛИАЦИИ

¹ Государственный университет просвещения, Мытищи, Россия

² Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

✉ pn.mo238@gmail.com

ЦИТИРОВАНИЕ

Моро П.Н., Луговской А.М. Пространственное моделирование в геоэкологии: оценка пространственных моделей для предсказания экологических изменений // Пространственные данные: наука и технологии. 2024. Т. 15. № 4. С. 8–17. DOI:10.30533/scidata-2024-15-13.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

пространственное моделирование, геоэкология, глобальное изменение климата, геостатистика, кригинг, регрессионные модели, дистанционное зондирование

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы совершенствования пространственного моделирования для оценки экологических последствий изменения климата и антропогенного воздействия. Основными целями исследования являются анализ существующих методов пространственного моделирования и их применимости в геоэкологических исследованиях и разработка более надежных и точных моделей для прогнозирования и решения

экологических проблем. В статье рассмотрены геостатистические методы, использование которых позволяет оценить распределение и вариацию таких параметров окружающей среды, как концентрация загрязняющих веществ или плотность популяций видов. Особое внимание уделено моделям с фиксированными и случайными пространственными данными, которые могут применяться для оценки изменений в экосистемах под воздействием различных факторов. Результаты показывают, что пространственные модели могут значительно повысить эффективность экологического мониторинга и планирования природоохранных мероприятий. Однако существует ряд ограничений, таких как неточность исходных данных и сложности при агрегации моделей разных масштабов. Улучшение этих аспектов может способствовать созданию более гибких и точных моделей, что, в свою очередь, позволит повысить качество прогнозирования в геэкологии. Обосновывается недостаточность совершенствования только пространственного моделирования для эффективного прогнозирования в геэкологии, поскольку в решении вопросов подобного типа важен комплексный подход.

1 Введение

В современных условиях глобального изменения климата и нарастающего антропогенного воздействия на окружающую среду вопрос оценки и прогнозирования экологических последствий становится все более значимым. Цель данной статьи заключается в поиске и изучении методов совершенствования пространственного моделирования с акцентом на повышении их надежности при оценке воздействия различных факторов на окружающую среду.

В процессе работы с существующими моделями часто приходится сталкиваться с трудностями при обработке разнородных данных и их интеграции в единые прогнозные системы [1]. Кроме того, значительные различия в методах и данных, используемых в разных регионах, затрудняют создание универсальных подходов, способных учитывать специфику условий местности и обеспечивать высокую точность прогнозов. Для достижения цели были определены общие задачи. Во-первых, необходимо провести анализ методов пространственного моделирования, чтобы оценить их применимость в геэкологических исследованиях. Во-вторых, следует оценить возможность адаптации и совершенствования существующих моделей ввиду их использования в междисциплинарных исследованиях. В-третьих, должны быть определены перспективы внедрения таких методов с целью не только решения, но и прогноза появления экологических проблем.

2 Материалы и методы

Пространственное моделирование, являясь мощным инструментом анализа и визуализации геоэкологических данных, позволяет исследователям эффективно оценивать влияние различных факторов на экосистемы. Однако, несмотря на стремительное развитие технологий, существует ряд ограничений, связанных с точностью и применимостью этих моделей вне узкоспециализированных направлений. Человечество начинает ощущать на себе глобальное изменение климата, сокращение биоразнообразия и ухудшение состояния экосистем, для оценки которых и принятия решений требуется междисциплинарный подход [1]. По большей части в данном исследовании рассмотрены вопросы применения геостатистики для пространственного моделирования, поскольку благодаря ей можно оценить распределение и вариации параметров окружающей среды, таких как концентрация загрязняющих веществ или плотность популяций видов. Актуальность данной статьи обусловлена необходимостью оптимизации пространственных моделей для разработки эффективных стратегий по охране окружающей среды. Поскольку анализ и интерпретация географических данных в геоэкологии напрямую связаны с пространственным моделированием, то специфические характеристики отдельных точек или небольших участков на карте сложно изучить другими способами [2]. От масштаба, определяющего уровень детализации и охвата, и разрешения, позволяющего работать с объектами и явлениями меньшего размера, зависит точность моделирования сложных экологических процессов. Точность работы с пространственными данными в геоэкологии наиболее полно описывает закон Тоблера, который гласит: «Все связано со всем, но объекты, расположенные близко друг к другу, связаны сильнее, чем объекты, находящиеся далеко друг от друга». Таким образом, доказывается значение пространственной зависимости в геоэкологическом анализе, а для ее изучения нужны три основных инструмента: геостатистика, географические информационные системы и дистанционное зондирование [2].

На основе статистических данных возможна оценка конкретной небольшой области с помощью кригинга. Кригинг представляет собой метод прогнозирования значений для неисследованных точек на основе пространственной корреляции данных [3]. Благодаря этому методу интерполяции возможно создание прогнозов путем подбора подходящей модели вариограммы, определенной конфигурации данных и значений в точках измерений вокруг данного местоположения.

В зависимости от целей исследования в геостатистике и геоэкологии используются различные типы пространственных моделей. Такие модели чаще всего обеспечивают высокоточное представление конкретных земельных участков, включая топографические, почвенные, растительные и гидрологические данные, на основе которых проводятся исследования водоразделов, изменения

русел рек или эрозии почв [4]. Например, эмпирические модели на основе данных об изменениях состояния растительного покрова помогают выявить закономерности и предсказать изменения состояния окружающей среды. Поскольку такие модели обрабатывают большие объемы информации и ищут связи с переменными, они являются регрессионными, так как прогноз значений одной переменной строится на основе другой. Так, модель пространственной регрессии с фиксированными эффектами предполагает, что влияние пространственного компонента на зависимую переменную является постоянным и не меняется в зависимости от места. Она учитывает фиксированные пространственные эффекты, которые могут влиять на результат, не предполагает, что вариации внутри пространственных единиц одинаковы [4]. Например, существует модель оценки выбросов парниковых газов из почвы — биогеохимическая модель DNDC (денитрификация — разложение). Для процессно-ориентированных моделей в целом характерны комбинирование научных сфер и междисциплинарный уклон, но для оценки изменений во времени такие модели не подходят [5]. Для анализа взаимодействий видов или воздействия антропогенных факторов на окружающую среду создают динамические модели, а для процессов, связанных с водообменом, — гидрологические. К динамическим можно отнести модель пространственной регрессии с фиксированными эффектами. Пространственные эффекты в такой модели являются случайными и распределены нормально, что позволяет учитывать случайные вариации между пространственными единицами. Такой подход может быть полезен в случаях, когда нет строгой фиксированной структуры пространственного воздействия. Изучая такие модели, можно принимать обоснованные решения об использовании воды и оценивать потенциальное влияние климата на гидрологические системы [5]. Для улучшения точности предсказаний и оценки параметров модели можно использовать модель ошибок. Такая модель учитывает автокорреляцию ошибок регрессионной модели, предполагая, что ошибка в одной точке может быть коррелирована с ошибкой в соседних точках. В целом процессно-ориентированные модели дают понимание того, как функционируют экосистемы и как они будут реагировать на внешние факторы. На основе комбинаций различных пространственных моделей можно разработать стратегии и рекомендации по управлению экосистемами как на региональном, так и на глобальном уровне.

3 Результаты и обсуждение

Пространственные модели помогают принимать обоснованные решения, касающиеся природных ресурсов и мер по защите окружающей среды. В светлохвойных лесах Сибири такие модели используются для оценки воздействия вырубки лесов

на всемирный углеродный цикл, выявляя регионы, где требуется немедленное вмешательство ради сохранения экосистемы. При этом эффективность программ восстановления можно смоделировать не только в общем виде, но и через срез различных методов восстановления. Модели для оценки состояния гидросферы или биоразнообразия помогают поддерживать экосистемы водно-болотных угодий и предотвращать их деградацию [6]. В водной среде пространственные модели, основанные на дистанционном зондировании и подводных наблюдениях, позволяют проводить мониторинг крупномасштабных экосистем, таких как коралловые рифы, а также оценивать антропогенное воздействие на них, что особенно важно для сохранения биоразнообразия и поддержания состояния морских экосистем на должном уровне.

Человеческая деятельность, включая строительство, сельское хозяйство и промышленность, может оказывать значительное влияние на экосистемы [6]. Пространственные регрессионные модели используются для анализа того, как антропогенные факторы изменяют экосистемные процессы и структуру. Например, модели могут анализировать влияние городской застройки на локальное биоразнообразие или оценивать воздействие сельскохозяйственных практик на качество почв и воды, что позволяет разрабатывать меры по минимизации негативного влияния антропогенных факторов на экосистемы [7]. Благодаря постоянному развитию технологий методы сбора данных для пространственного моделирования также продолжают совершенствоваться. Большое распространение получила система интернета вещей, на основе которой работают дистанционные датчики, передающие данные в режиме реального времени и обеспечивающие своевременное обновление моделей прогноза [8].

Геозкология как наука, отвечающая за сохранение экосистемы Земли в привычном человеку состоянии, позволяет комплексно оценить процессы изменения климата. Изменяющееся распределение видов, водных ресурсов и температурных режимов можно проанализировать с помощью регрессионных моделей, поскольку такие модели учитывают данные о текущих и прогнозируемых климатических условиях для оценки изменений, например, в растительном покрове, миграции животных и других экологических показателях [9, 10]. Моделирование позволяет оценивать влияние климатических условий и оптимизировать стратегии по защите экосистем.

Несмотря на улучшения, в пространственном моделировании существуют недочеты, связанные с полнотой исходных данных или их неточностью ввиду используемых источников. Так, низкое пространственное или временное разрешение может не учитывать мелкомасштабные процессы. Модели, разработанные для одного масштаба, не могут быть объединены с моделями для другого масштаба из-за проблем агрегирования [10]. Преодоление таких ограничений может привести к созданию более гибких моделей, иерархическому подходу к моделированию, а также к сведению разных масштабов в одной модели.

Еще одним ограничением является неопределенность прогноза в зависимости от качества исходных данных. Минимизация такой неопределенности зависит не только от увеличения скорости обновления данных для моделей, но и от повышения чувствительности моделей к изменениям в методах сбора данных и алгоритмах обработки.

4 Выводы

Ключевыми проблемами остаются сложность интеграции разнородных данных и недостаточная точность моделей при учете особенностей территорий. Геоэкология, дистанционное зондирование и географические информационные системы вместе с пространственным моделированием играют ведущую роль в улучшении прогнозов и разработке стратегий по охране окружающей среды, однако остаются вызовы, связанные с качеством исходных данных. Несмотря на прогресс в области пространственного моделирования, сохраняются ограничения, связанные с масштабом и разрешением данных, ввиду чего снижается точность прогнозов. Важно ориентироваться в дальнейших исследованиях на создание гибких моделей, способных учитывать и интегрировать различные масштабы и источники данных. Повышение чувствительности моделей к изменениям в методах сбора и обработки данных также является критическим фактором для минимизации неопределенности прогнозов. Таким образом, пространственное моделирование выступает мощным инструментом для оценки экологических рисков и принятия обоснованных решений в условиях изменяющегося климата и усиливающегося антропогенного давления. Для достижения высокой точности и надежности прогнозов необходимо продолжать совершенствование методов, учитывая специфику местности и междисциплинарный характер исследований, что в конечном итоге будет способствовать устойчивому развитию и сохранению биоразнообразия.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Наумова Т.А. Использование ГИС-технологий в решении экологических проблем // StudNet. 2020. Т. 3. № 3. С. 312–318. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://stud.net.ru/ispolzovanie-gis-texnologij-v-reshenii-ekologicheskix-problem> (дата обращения: 15.07.2024).
2. Ямашкин А.А., Зарубин О.А., Ямашкин С.А. Цифровые технологии анализа геопространственных данных для целей устойчивого развития региона: опыт Мордовского университета // Московский экономический журнал. 2022. № 5. С. 335–352. DOI:10.55186/2413046X_2022_7_5_271.

3. Бондарев А.В., Васильев П.В. Математические особенности использования метода Кригинга в недропользовании // Достижения науки и образования. 2018. Т 8. № 30. С. 5–8.
4. Цветков В.Я. О пространственных и экономических отношениях // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 3. С. 115–117.
5. Козеева О.О. ГИС экологического мониторинга в городской среде // Вестник Череповецкого государственного университета. 2024. Т. 1. № 118. С. 18–28.
DOI:10.23859/1994-0637-2024-1-118-2.
6. Валимухаметова Э.Р. Оценивание пространственно-регрессионных моделей // Экономика и социум. 2015. Т. 3-1. № 16. С. 323–326.
7. Дорофеев Н.В., Орехов А.А. Сервис-ориентированная архитектура географической информационно-аналитической системы геозкологического мониторинга // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2012. Т. 3. № 7. С. 45–48.
8. Кужелев П.Д. О применении геостатистики в науках о Земле // Науки о Земле. 2012. № 4. С. 77–81.
9. Цветков В.Я. Формирование пространственных знаний: монография. М.: МАКС Пресс, 2015. 68 с.
10. Цветков В.Я. Виды пространственных отношений // Успехи современного естествознания. 2013. № 5. С. 138–140.

АВТОРЫ

Моро Платон Николаевич

ФГАОУ ВО «Государственный университет просвещения» (ГУП), Мытищи, Россия
кафедра географии, геозкологии и природопользования, факультет естественных наук
аспирант

Луговской Александр Михайлович

✉ alug1961@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»
(МИИГАиК), Москва, Россия
кафедра географии, картографический факультет
д-р геогр. наук, канд. биол. наук

Поступила 02.08.2024. Принята к публикации 20.12.2024. Опубликовано 27.12.2024.

UDC 528.489:624.21/711.4

DOI:10.30533/scidata-2024-15-13



Spatial modeling in geoecology: evaluating spatial models to predict environmental change

Platon N. Moro¹✉, Alexander M. Lugovskoy²

AFFILIATIONS

¹ Federal State University of Education, Mytishchi, Russia

² Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

✉ pn.mo238@gmail.com

CITATION

Moro PN, Lugovskoy AM. Spatial modeling in geoecology: evaluating spatial models to predict environmental change. *Spatial Data: science, research and technology*. 2024;15(4): 8–17. DOI:10.30533/scidata-2024-15-13.

KEYWORDS

spatial modeling, geoecology, global climate change, geostatistics, kriging, regression models, remote sensing

ABSTRACT

The article considers the issues of improving spatial modeling for assessing the environmental consequences of climate change and anthropogenic impact. The main objective of the study is to analyze existing spatial modeling methods, their applicability in geoecological studies, and to develop more reliable and accurate models for forecasting and solving environmental problems. The study considers geostatistical methods, the use of which allows us to estimate the distribution and variation of environmental parameters such as pollutant concentrations or species population density. Particular attention is paid to models with fixed and random spatial data, which can be used to assess changes in ecosystems under the influence of various

factors. The results show that spatial models can significantly improve the efficiency of environmental monitoring and planning of environmental measures. However, there are a number of limitations, such as inaccuracy of initial data and difficulties in aggregating models of different scales. Improving these aspects can contribute to the creation of more flexible and accurate models, which in turn will improve the quality of forecasting in geoecology. The main conclusion of the article is that for effective forecasting of geoecological problems it is not enough to improve spatial modeling alone, since a comprehensive approach to solving issues of this type is important.

REFERENCES

1. Naumova TA. Ispolzovanie GIS-tehnologiy v reshenii ekologicheskikh problem [Using GIS Technologies in Solving Environmental Problems]. *StudNet*. 2020;3(3): 312–318. (In Russian). Available from: <https://stud.net.ru/ispolzovanie-gis-texnologij-v-reshenii-ekologicheskix-problem> (Accessed 15 July 2024).
2. Jamashkin AA, Zarubin OA, Jamashkin SA. Cifrovye tehnologii analiza geoprostranstvennyh dannyh dlja celej ustojchivogo razvitija regiona: opyt Mordovskogo universiteta [Digital technologies for analysis of geospatial data for the purposes of sustainable development of the region: experience of Mordovia university]. *Moscow economic journal*. 2022;5: 335–352. (In Russian). DOI:10.55186/2413046X_2022_7_5_271.
3. Bondarev AV, Vasil'ev PV. Matematicheskie osobennosti ispol'zovanija metoda Kriginga v nedropol'zovanii [Mathematical features of using the kriging method in subsoil use]. *Achievements of science and education*. 2018;8(30): 5–8. (In Russian).
4. Tsvetkov VYa. O prostranstvennykh i ekonomicheskikh otnosheniyakh [On Spatial and Economic Relations]. *International Journal of Experimental Education*. 2013;3: 115–117. (In Russian).
5. Kozeeva OO. GIS jekologicheskogo monitoringa v gorodskoj srede [Geoinformation system for ecological monitoring in urban environment]. *Cherepovets State University Bulletin*. 2024;1(118): 18–28. (In Russian). DOI:10.23859/1994-0637-2024-1-118-2.
6. Valimukhametova ER. Otsenivanie prostranstvenno-regressionnykh modeley [Estimation of Spatial-Regression Models]. *Economy and Society*. 2015;3-1(16): 323–326. (In Russian).
7. Dorofeev NV, Orekhov AA. Servis-orientirovannaya arkhitektura geograficheskoy informatsionno-analiticheskoy sistemy geoekologicheskogo monitoringa [Service-Oriented Architecture of the Geographical Information-Analytical System for Geoecological Monitoring]. *Radioengineering and telecommunication systems*. 2012;3(7): 45–48. (In Russian).
8. Kuzhelev PD. O primenenii geostatistiki v naukakh o Zemle [On the Application of Geostatistics in Earth Sciences]. *Earth Sciences*. 2012;4: 77–81. (In Russian).
9. Tsvetkov VYa. *Formirovanie prostranstvennykh znaniy* [Formation of Spatial Knowledge] [monograph]. Moscow: MAKS Press; 2015. 68 p. (In Russian).

10. Tsvetkov VYa. Vidy prostranstvennykh otnosheniy [Types of Spatial Relations]. *Advances in Modern Natural Sciences*. 2013;5: 138–140. (In Russian).

AUTHORS

Platon N. Moro

Moscow State University of Education, Mytishchi, Russia
Department of Geography, Geoecology and Nature Management,
Faculty of Natural Sciences

Alexander M. Lugovskoy

✉ alug1961@yandex.ru

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
Department of Geography, Faculty of Cartography
Dr. of Sci. (Geography), PhD in Biology

Submitted: August 02, 2024. Accepted: December 20, 2024. Published: December 27, 2024.



Исследование точности самоустановки линии визирования высокоточных цифровых нивелиров

С.В. Староверов¹, К.Ф. Куликов¹✉, И.А. Клыпин^{1,2}

АФФИЛИАЦИИ

¹ Публично-правовая компания «Роскадастр», Москва, Россия

² Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

✉ kostyavyd@gmail.com

ЦИТИРОВАНИЕ

Староверов С.В., Куликов К.Ф., Клыпин И.А. Исследование точности самоустановки линии визирования высокоточных цифровых нивелиров // Пространственные данные: наука и технологии. 2024. Т. 15. № 4. С. 18–30. DOI:10.30533/scidata-2024-15-16.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

цифровые нивелиры, компенсатор наклона нивелира, систематическая погрешность, случайная погрешность, диапазон компенсатора нивелира, стандартное отклонение, отсчетывание по нивелирной рейке

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты исследований самоустановки линии визирования двух высокоточных цифровых нивелиров Leica LS15 0.2 (регистрационный номер в реестре средств измерений 66125-16). Перед началом исследования работы компенсатора получено стандартное отклонение отсчетывания по рейке в качестве контроля стабильности взятия отсчетов. Авторами опробована методика исследования компенсатора наклона цифровых нивелиров с использованием экзаменатора наклона М-055 в качестве эталона единицы плоского угла 1-го разряда (регистрационный номер в реестре 47965-11). В процессе исследования определены диапазон работы, систематическая и случайная

погрешности работы компенсатора наклона каждого цифрового нивелира. Определен действительный диапазон работы компенсатора наклона исследуемых нивелиров, тем самым устранено разногласие в значениях, приведенных в описании типа средства измерений и эксплуатационной документации. Выявлено непостоянство поведения систематической погрешности в пределах работы компенсатора. Дана рекомендация по периодическому определению погрешности работы компенсатора в полевых условиях.

1 Введение

Высокоточные цифровые нивелиры разных производителей конструктивно схожи и своей главной метрологической характеристикой приблизились к значению среднего квадратического отклонения (СКО) измерения превышения на километр двойного хода, равному 0,2 мм. Достижение такого высокого показателя точности связано со сведением к минимуму погрешностей наблюдателя и учетом программным обеспечением ряда погрешностей как в процессе измерений, так и в последующей обработке. Основное влияние на результаты измерений превышений цифровыми нивелирами оказывают инструментальные источники погрешностей. Поэтому перед началом выполнения работ по высокоточному нивелированию необходимо исследовать инструменты, которыми планируется производить работы, в том числе и для подтверждения заявленных производителем метрологических характеристик [1]. Согласно нормативной документации, подобные исследования необходимо выполнять ежегодно [2].

В ходе исследований и поверок цифровых нивелиров определяются средняя квадратическая погрешность (СКП) измерения превышения на километр двойного хода [3] и характеризующий расположение визирной оси относительно горизонта угол i [1] как две важнейшие для нивелиров метрологические характеристики. Однако необходимо также исследовать погрешности работы компенсатора наклона, поскольку они могут существенно влиять на измерение превышения на станции [4–5] и, как следствие, на километр двойного хода.

В статье приводятся результаты исследования точности самоустановки линии визирования высокоточных цифровых нивелиров и их сравнение с метрологическими характеристиками, заявленными в технической документации. Стоит отметить, что систематическая погрешность работы компенсатора наклона цифрового нивелира связана с конструктивными особенностями конкретного нивелира и не указывается в прилагаемой к средству измерений (СИ) технической документации, а в случае неисправности может достигать критических значений. Однако определение значения систематической погрешности позволит исключить ее влияние на результаты измерений [6].

В рамках исследования рассмотрены метрологические характеристики цифрового нивелира Leica LS15 0.2 (регистрационный номер в реестре СИ 66125-16), являющегося в настоящее время самым высокоточным, позволяющего измерять превышения с СКП 0,2 мм на 1 км двойного хода. Известно исследование указанного цифрового нивелира в полевых условиях [7], но комплексно, в лабораторных условиях и с определением систематической погрешности работы компенсатора такое исследование данного нивелира не выполнялось.

На основе описания типа СИ¹ и руководства пользователя² к исследуемому нивелиру составлена сводная таблица (табл. 1), в которой представлены теоретические значения всех исследуемых метрологических характеристик.

Таблица 1 Метрологические характеристики Leica LS15 0.2

Table 1 Metrological characteristics of Leica LS15 0.2

Характеристики	Значения	
	Руководство пользователя	Описание типа СИ
СКО измерения превышения (на километр двойного хода)	0,2 мм	0,2 мм
Диапазон работы компенсатора	±9'	±10'
Предел систематической погрешности работы компенсатора (на 1' наклона оси нивелира)	не указано	не указано
Допустимое СКО установки линии визирования	±0,3"	±0,3"

Обнаружено несоответствие в заявленных значениях диапазона работы компенсатора наклона нивелира Leica LS15 0.2. Помимо этого, как отмечено ранее, нигде не указано значение систематической погрешности работы компенсатора.

2 Материалы и методы

Исследование проводилось в лабораторных условиях со стабильного бетонного постамент, отвязанного от основного фундамента здания. Все измерения выполнены на инварную двухметровую рейку, надежно закрепленную вертикально с помощью специального приспособления. Исследованы метрологические характеристики двух новых цифровых нивелиров Leica LS15 0.2 до введения их в эксплуатацию.

1 Нивелиры электронные Leica LS10 0.3, Leica LS15 0.2, Leica LS15 0.3. Описание типа средства измерений. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/379955> (дата обращения: 26.07.2024).

2 Leica LS10/LS15: руководство пользователя, версия 2.0, русский язык. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://leica-shop.ru/upload/iblock/27e/27e4e5d8aae78dd1d8848b466a4a6e41.pdf> (дата обращения: 26.07.2024).

Перед началом исследования компенсатора наклона произведен контроль стабильности отсчета путем определения стандартного отклонения отсчитывания по рейке цифрового нивелира. Для этого выполнено несколько серий измерений (по 100 измерений каждая) в режиме отсчитывания «среднее значение» (среднее из трех отсчетов).

При определении диапазона работы компенсатора наклона [8] нивелир размещался на эталонном экзаменаторе I разряда М-055 и приводился в горизонтальное положение. Взятие отсчета по рейке проводилось на каждой установке угла наклона экзаменатора до момента выхода компенсатора нивелира за диапазон работы, что соответствовало сообщению на дисплее: «Компенсатор вне диапазона».

При определении^{3,4} систематической и случайной погрешностей работы компенсатора наклона при помощи экзаменатора нивелир наклонялся на угол v' в продольном направлении, брался отсчет O по рейке. Измерения производились в направлении прямо ($O_{пр}$) и обратно ($O_{обр}$), начиная с $v = 0'$ (соответствует горизонтальному положению визирной оси). Пример определения погрешностей представлен в **табл. 2**.

Таблица 2 Пример определения погрешностей компенсатора наклона

Table 2 Example of determination of errors of the tilt compensator

$v, '$	$O_{пр}, м$	$O_{обр}, м$	$\Delta O, м$	$O_{ср}, м$	$\Delta V, м$	$\theta, ''/'$
10	Вне диапазона					
9	1,322 72	1,322 71	0,000 01	1,322 72	0,000 03	0,07
8	1,322 72	1,322 69	0,000 03	1,322 70	0,000 02	0,04
7	1,322 69	1,322 72	-0,000 03	1,322 70	0,000 02	0,05
6	1,322 67	1,322 70	-0,000 03	1,322 69	0,000 00	0,01
5	1,322 67	1,322 68	-0,000 01	1,322 68	-0,000 01	-0,02
4	1,322 65	1,322 70	-0,000 05	1,322 67	-0,000 01	-0,06
3	1,322 65	1,322 67	-0,000 02	1,322 66	-0,000 02	-0,15
2	1,322 68	1,322 67	0,000 01	1,322 68	-0,000 01	-0,06
1	1,322 66	1,322 71	-0,000 05	1,322 68	0,000 00	-0,06
0	1,322 68	1,322 69	-0,000 01	1,322 69	0,000 00	—
-1	1,322 69	1,322 68	0,000 01	1,322 69	0,000 00	-0,06
-2	1,322 70	1,322 70	0,000 00	1,322 70	0,000 01	-0,10
-3	1,322 71	1,322 70	0,000 01	1,322 70	0,000 02	-0,12
-4	1,322 70	1,322 70	0,000 00	1,322 70	0,000 02	-0,08
-5	1,322 70	1,322 72	-0,000 02	1,322 71	0,000 02	-0,08
-6	1,322 71	1,322 71	0,000 00	1,322 71	0,000 02	-0,07
-7	1,322 72	1,322 73	-0,000 01	1,322 73	0,000 04	-0,11
-8	1,322 69	1,322 71	-0,000 02	1,322 70	0,000 02	-0,05
-9	1,322 73	1,322 74	-0,000 01	1,322 73	0,000 05	-0,10
-10	Вне диапазона					

3 Ямбаев Х.К. Инженерно-геодезические инструменты и системы: учеб. пособие. М.: МИИГАиК, 2012. 462 с.

4 Ямбаев Х.К., Голыгин Н.Х. Геодезическое инструментоведение. Практикум: учеб. пособие для вузов. М.: ЮКИС, 2005. 312 с.

После выполнения приема исследования выполнены следующие расчеты:

1. Вычислена разница ΔO отсчетов, полученных в направлениях прямо и обратно:

$$1 \quad \Delta O_i = O_{\text{пр},i} - O_{\text{обр},i}$$

где $O_{\text{пр},i}$ — отсчет в направлении прямо;
 $O_{\text{обр},i}$ — отсчет в направлении обратно.

2. Вычислено среднее значение отсчета, соответствующее углу v_i наклона:

$$2 \quad O_{\text{ср},i} = \frac{O_{\text{пр},i} + O_{\text{обр},i}}{2}.$$

3. Вычислено отклонение среднего значения отсчета при угле v_i наклона от среднего значения отсчета при $v = 0'$

$$3 \quad \Delta V_i = O_{\text{ср},i} - O_{\text{ср},0}$$

4. Вычислена систематическая погрешность работы компенсатора наклона нивелира

$$4 \quad \theta_i = \frac{\Delta V_i \rho''}{S v_i'}$$

где S — расстояние между нивелиром и рейкой;
 $\rho = 206265''$.

5. Вычислено среднее значение систематической погрешности

$$5 \quad \theta_k = \frac{[\theta_i]}{n-1},$$

где n — число установок нивелира.

6. Вычислена случайная погрешность работы компенсатора наклона нивелира

$$6 \quad m_k = \frac{\rho''}{S} \sqrt{\frac{[\Delta O_i]^2}{2n}}.$$

3 Результаты и обсуждение

В табл. 3 представлены средние значения отсчетов по рейке и их стандартное отклонение по формуле [9]

$$7 \quad m_{\text{отсч}} = \sqrt{\frac{[d_i^2]}{n-1}},$$

где d_i — отклонение i -го измерения от среднего в серии измерений;
 $n = 100$ — общее количество измерений в серии.

Таблица 3 Определение стандартного отклонения отсчитывания по рейке цифровым нивелиром Leica LS15 0.2

Table 3 Determination of errors reading on leveling rod of the digital level Leica LS15 0.2

Нивелир	№ приема	S, м	Средний отсчет, м	$m_{\text{отсч}}$, мм	$m_{\text{отсч доп}}$, мм
Leica LS15 0.2 № 1	1	10,5	1,220 55	0,019	0,032
	2		1,436 72	0,012	
	3		1,436 84	0,010	
Leica LS15 0.2 № 2	1		1,433 20	0,008	
	2		1,207 05	0,024	
	3		1,432 98	0,009	

Теоретическое значение $\sigma_{\text{отсч}}$ СКП отсчитывания по рейке вычислено на основе известного СКО измерения превышения на 1 км двойного хода. Переход к СКО измерения превышения на 1 км одиночного хода осуществляется при помощи коэффициента $\sqrt{2}$. Приняв среднюю длину визирного луча на станции 10,5 км, получим минимальное количество станций в ходе длиной 1 км равным $n = 48$. Тогда СКО измерения на превышения станции

$$8 \quad \sigma_{\text{ст}} = \frac{\sigma_{\text{мм}/1\text{км дв.хода}} \sqrt{2}}{\sqrt{n}} = \frac{0,2 \text{ мм} \sqrt{2}}{\sqrt{48}} = 0,041 \text{ мм}.$$

Следовательно,

$$9 \quad \sigma_{\text{отсч}} = \frac{\sigma_{\text{ст}}}{\sqrt{2}} = \frac{0,041 \text{ мм}}{\sqrt{2}} = 0,029 \text{ мм}.$$

Для сравнения вычисленного теоретического значения $\sigma_{\text{отсч}}$ СКП отсчитывания по рейке с полученным из исследования ($m_{\text{отсч}}$) рассмотрим нулевую гипотезу, основанную на χ^2 -критерии [9, 10]:

$$10 \quad m_{\text{отсч}} \leq \sigma_{\text{отсч}} \sqrt{\frac{\chi_{(1-\alpha);r}^2}{r}},$$

где $1 - \alpha = 0,95$ — значение доверительной вероятности;
 $r = 99$ — число степеней свободы.

Тогда при $\chi_{0,95;99}^2 = 123,23$ вычислено допустимое значение для проверки нулевой гипотезы по формуле

$$11 \quad m_{\text{отсч доп}} = \sigma_{\text{отсч}} \sqrt{\frac{\chi_{(1-\alpha);r}^2}{r}}.$$

Полученное значение представлено в табл. 3 в последней строке. Как видно, нулевая гипотеза подтверждается для всех выполненных серий измерений.

В результате исследования диапазона работы компенсатора наклона цифрового нивелира Leica LS15 0.2 получено значение $\pm 9'00''$. Данное значение совпадает с заявленными техническими характеристиками, указанными в руководстве пользователя, но не совпадает со значением, приведенным в описании типа СИ: $\pm 10'00''$ (см. табл. 1).

При проведении исследования выявлена также особенность, связанная с ограничением диапазона работы компенсатора на программном уровне. На основании информации, полученной по двум осям датчика угла наклона (электронного уровня), устанавливается ограничение при наклоне, превышающем $\pm 9'00''$, при этом реальный «механический» диапазон работы компенсатора составляет примерно $\pm 19'30''$. Производителем нивелира Leica LS15 также предусмотрена специальная функция «Контроль уровня», которая позволяет уменьшать диапазон работы компенсатора до $\pm 6'00''$.

По описанному выше алгоритму многократно определены систематическая и случайная погрешности работы компенсатора наклона двух нивелиров Leica LS15 0.2. В **табл. 4** представлены результаты всех приемов исследования.

Таблица 4 Определение погрешностей работы компенсатора наклона цифровых нивелиров Leica LS15 0.2 (на диапазоне $\pm 9'$ с шагом $1'$)

Table 4 Determination of errors of the tilt compensator of the digital levels Leica LS15 0.2 (on a range of $\pm 9'$ in $1'$ increments)

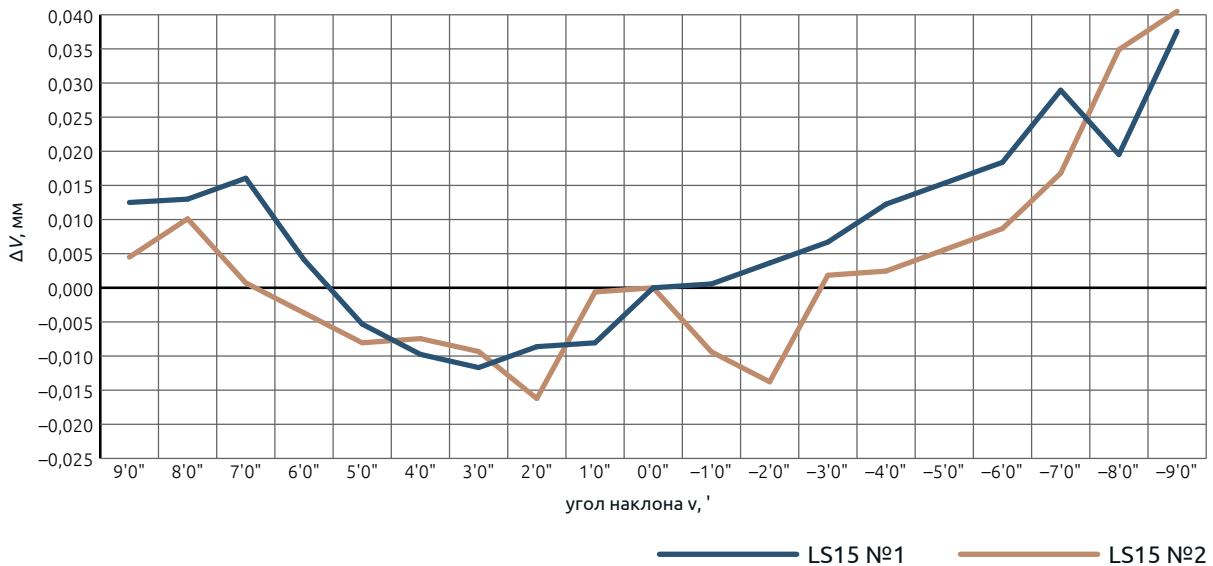
Нивелир	№ приема	S, м	$\theta_{кi}$ "/'	$m_{кi}$ "	r	χ^2	$m_{к доп}$ "
Leica LS15 0.2 № 1	1	10,943 47	-0,05	0,30	35	49,80	0,35
	2	5,699 44	-0,05	0,28			
Leica LS15 0.2 № 2	1	10,849 56	-0,02	0,30			
	2	5,491 61	-0,02	0,22			

Аналогичная рассмотренной выше нулевая гипотеза, устанавливающая соотношение для экспериментального значения случайной погрешности работы компенсатора наклона и взятого из технической документации, подтверждается. Экспериментальное значение не противоречит теоретическому. Получено также допустимое значение случайной погрешности работы компенсатора наклона.

Построены графики (**рис. 1**) накопления систематической погрешности относительно угла наклона, на которые нанесены средние значения ΔV , полученные для каждого исследуемого нивелира. Из них следует прямая зависимость систематической погрешности от угла наклона и несимметричность ее значений относительно горизонтального положения визирной оси. При этом возникающая из-за этого разница ΔV достигает значения 0,05 мм.

Рис. 1 График накопления систематической погрешности

Fig. 1 The graph of accumulation of systematic error



4 Выводы

В рамках исследования определены метрологические характеристики двух нивелиров Leica LS15 0.2: СКО отсчитывания по рейке, диапазон работы компенсатора наклона, систематическая и случайная погрешности работы компенсатора наклона.

Определен действительный диапазон работы компенсатора наклона исследуемых нивелиров, тем самым устранено разногласие в значениях, приведенных в описании типа СИ и руководстве пользователя. Установлена характерная особенность поведения систематической погрешности работы компенсатора наклона, практически наверняка связанная с конструкцией нивелира и выраженная в ее несимметричности относительно горизонтального положения визирной оси, достигающая разности значений ΔV в 0,5 мм.

Рекомендуется определять значения систематической и случайной погрешностей работы компенсатора непосредственно в полевых условиях до и во время высокоточных нивелирных работ для контроля постоянства их значений по аналогии с определением главного условия нивелира (угла i). Периодическое и детальное определение действительных значений указанных погрешностей позволит сделать выводы о пригодности исследуемого нивелира к полевым высокоточным работам, поскольку выявленная особенность может вносить существенные искажения в результаты измерений превышений на станции нивелирования.

БЛАГОДАРНОСТИ

Статья подготовлена по результатам второго этапа работ ОКР «ГЕОЛАБ», выполняемых в рамках подпрограммы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» государственной программы «Космическая деятельность России» (ЕГИСУ 123061300061-7).

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Никонов А.В., Чешева И.Н., Лифашина Г.В. Особенности определения угла и цифровых нивелиров // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2015. Т. 1. № 1. С. 94–101.
2. Уставич Г.А., Ямбаев Х.К., Бирюков Д.В. и др. Совершенствование схемы технологической поверки цифрового нивелира после его ремонта // Вестник СГУГиТ. 2023. Т. 28. № 3. С. 47–56. DOI:10.33764/2411-1759-2023-28-3-47-56.
3. Никонов А.В., Рябова Н.М., Соболева Е.Л. Об ошибке измерения превышения на станции цифровым нивелиром в полевых условиях // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. Т. 1. № 1. С. 37–41.
4. Староверов С.В. Разработка компактных средств геодезической метрологии для оперативной поверки и исследований нивелиров и тахеометров: дис. ... канд. техн. наук. М., 2019. 108 с.
5. Федосеев Ю.Е. Применение цифровых нивелиров для высокоточных работ: теория, практика, проблемы // Автоматизированные технологии изыскания и проектирования. 2010. Т. 2. № 37. С. 72–76.
6. Зубарев А.Э., Федосеев Ю.Е., Лобазов В.Я. и др. Особенности накопления ошибок измерений при создании высокоточных сетей с использованием электронных нивелиров // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. 2008. № 1. С. 11–14.
7. Короткова А.А. Опыт использования цифрового нивелира LEICA LS-15 на Чеховском геополигоне МИИГАиК // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. 2019. № 10-2. С. 5–7.
8. Карсунская М.М. Геодезические приборы. М.: Институт оценки природных ресурсов, 2002. 186 с.
9. Падве В.А. Математическая обработка и анализ результатов геодезических измерений: монография. В 2 ч. Ч. 1. Основы теории погрешностей измерений и фундаментальные алгоритмы точностной МНК-оптимизации результатов измерений. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. 163 с.
10. Тюрина М.А. Уточнение отметок пунктов на Чеховском геополигоне МИИГАиК по результатам измерений, выполненных в период прохождения летней геодезической практики // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. 2018. № 9. С. 200–203.

АВТОРЫ

Староверов Сергей Вячеславович

✉ staroverovsv@kadastr.ru

ППК «Роскадастр», Москва, Россия

отдел метрологии, управление геодезии и метрологии

канд. техн. наук

Куликов Константин Фёдорович

ППК «Роскадастр», Москва, Россия

отдел метрологии, управление геодезии и метрологии

Клыпин Игорь Андреевич

✉ uvcgf@mail.ru

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»

(МИИГАиК), Москва, Россия

кафедра геодезии, геодезический факультет

канд. техн. наук

🆔 0000-0002-6164-5668

Поступила 30.09.2024. Принята к публикации 20.12.2024. Опубликовано 27.12.2024.

UDC 528.5

DOI:10.30533/scidata-2024-15-16



Investigation of the accuracy of self-installation of the line of sight of high-precision digital levels

Sergey V. Staroverov¹, Konstantin F. Kulikov¹✉,
Igor A. Klypin^{1,2}

AFFILIATIONS

¹ Public Law Company "Roskadastr", Moscow, Russia

² Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

✉ kostyavyd@gmail.com

CITATION

Staroverov SV, Kulikov KF, Klypin IA. Investigation of the accuracy of self-installation of the line of sight of high-precision digital levels. *Spatial Data: science, research and technology*. 2024;15(4): 18–30. DOI:10.30533/scidata-2024-15-16.

KEYWORDS

digital levels, level tilt compensator, systematic error of the level compensator, random error of the level compensator, range of the level compensator, study of the level tilt compensator, standard deviation of the level gauge

ABSTRACT

The article presents the results of research on the self-installation of the line of sight of two high-precision digital levelers Leica LS15 0.2, registration number in the register of measuring instruments 66125-16. Before starting the study of the compensator operation, the standard deviation of the rail counting was obtained as a control of the stability of the sampling.

The authors have tested a method for studying the tilt compensator of digital levels using the tilt examiner M-055 as a standard unit of a flat angle of the 1st digit, registration number in the register 47965-11. In the course of the study, the following were determined: the range of operation, systematic and random errors in the operation of the tilt compensator of each digital level. The actual range of operation of the tilt compensator of the studied levels has been determined, thereby eliminating some disagreement in the values given in the description of the type of measuring instrument and operational documentation. The asymmetry of the compensator operation has been revealed. A recommendation is given for the periodic determination of the error of the compensator in the field.

ACKNOWLEDGEMENTS

The article was prepared based on the results of the second stage of works The GEOLAB ROC, carried out within the framework of the subprogram “Maintenance, development and use of the GLONASS system” of the State Program “Space Activities of Russia”, registration number EGISU No. 123061300061-7.

REFERENCES

1. Nikinov AV, Checheva IN, Lifashina GV. Osobennosti opredeleniya ugla i tsifrovyykh nivelirov [The analysis of methods for determining angle i digital levels]. *Interexpo Geo-Siberia*. 2015;1(1): 94–101. (In Russian).
2. Ustavich GA, Yambayev KK, Birukov DV, et al. Sovershenstvovanie skhemy tekhnologicheskoi poverki tsifrovogo nivelira posle ego remonta [Improvement of the scheme of technological verification of the digital level after its repair]. *Vestnik SSUGT*. 2023;28(3): 47–56. (In Russian). DOI:10.33764/2411-1759-2023-28-3-47-56.
3. Nikinov AV, Ryabova NM, Soboleva EL. Ob oshibke izmereniya prevysheniya na stantsii tsifrovym nivelirov v polevykh usloviyakh [Determination of the standard deviation of height difference measurement by digital level in field conditions]. *Interexpo Geo-Siberia*. 2016;1(1): 37–41. (In Russian).
4. Staroverov SV. *Razrabotka kompaktnykh sredstv geodezicheskoi metrologii dlya operativnoi poverki i issledovaniy nivelirov i takheometrov* [Development of compact geodetic metrology tools for operational verification and research of levels and total stations] [dissertation]. Moscow, 2019. (In Russian).
5. Fedoseev YuE. Primeneniye tsifrovyykh nivelirov dlya vysokotochnykh rabot: teoriya, praktika, problem [The use of digital levels for high-precision work: theory, practice, problems]. *Automated technologies of survey and design*. 2010;37(2): 72–76. (In Russian).
6. Zubarev AE, Fedoseev YuE, Lobazov VYa, et al. Osobennosti nakopleniya oshibok izmerenii pri sozdaniy vysokotochnykh setei s ispol'zovaniem elektronnykh nivelirov [Peculiarities of accumulation of measurement errors when creating high-precision networks using electronic levels]. *Prilozhenie k zhurnalu Izvestiya vuzov. Geodeziya*

- i aerofotos"emka. Sbornik statei po itogam nauchno-tekhnicheskoi konferentsii.* 2008;1: 11–14. (In Russian).
7. Korotkova AA. Opyt ispol'zovaniya tsifrovogo nivelira LEICA LS-15 na Chekhovskom geopoligone MIIGAiK [Experience of using the LEICA LS-15 digital level at the Chekhov geopolygon MIIGAiK]. *Prilozhenie k zhurnalu Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka. Sbornik statei po itogam nauchno-tekhnicheskoi konferentsii.* 2019;10(2): 5–7. (In Russian).
 8. Karsunskaya MM. Geodezicheskie pribory [Geodetic instruments]. Moscow: Institut otsenki prirodnykh resursov, 2002. 186 p. (In Russian).
 9. Padve VA. *Matematicheskaya obrabotka i analiz rezul'tatov geodezicheskikh izmerenii* [Mathematical processing and analysis of the results of geodetic measurements] [monograph]. In 2 parts. Part 2. Osnovy teorii pogreshnostei izmerenii i fundamental'nye algoritmy tochnostnoi MNK-optimizatsii rezul'tatov izmerenii [Fundamentals of the theory of measurement errors and fundamental algorithms of precision MNC-optimisation of measurement results]. Novosibirsk: SSUGT; 2015. 163 p. (In Russian).
 10. Tyurina MA. Utochnenie otmetok punktov na Chekhovskom geopoligone MIIGAiK po rezul'tatam izmerenii, vypolnennykh v period prokhozheniya letnei geodezicheskoi praktiki [Clarification of point marks at the Chekhov geopolygon MIIGAiK based on the results of measurements carried out during summer geodetic practice]. *Prilozhenie k zhurnalu Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka. Sbornik statei po itogam nauchno-tekhnicheskoi konferentsii.* 2018;9: 200–203. (In Russian).

AUTHORS

Sergey V. Staroverov

✉ staroverovsv@kadastr.ru

Public Law Company "Roskadastr", Moscow, Russia
Section of Metrology, Department of Geodesy and Metrology
PhD in Engineering

Konstantin F. Kulikov

Public Law Company "Roskadastr", Moscow, Russia
Section of Metrology, Department of Geodesy and Metrology

Igor A. Klypin

✉ uvcgf@mail.ru

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
Department of Geodesy, Faculty of Geodesy
PhD in Engineering

ORCID 0000-0002-6164-5668

Submitted: September 30, 2024. Accepted: December 20, 2024. Published: December 27, 2024.



К вопросу межевания селитебных земель в России

В.Я. Швидкий¹✉

АФФИЛИАЦИИ

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия
✉ shvidkyvi@mail.ru

ЦИТИРОВАНИЕ

Швидкий В.Я. К вопросу межевания селитебных земель в России // Пространственные данные: наука и технологии. 2024. Т. 15. № 4. С. 31–42. DOI:10.30533/scidata-2024-15-17.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

частная собственность, земельные участки, межевание, координаты, плановая точность, нормы точности, оборот земельных участков, геодезические спутниковые системы наблюдений, электронный тахеометр, кадастровые документы

АННОТАЦИЯ

Рассматривается точность межевания: вынос в натуру границ земельного участка, координирование существующих участков селитебных земель. Отмечается недостаточная норма точности межевания, что приводит к конфликтам соседей-землепользователей при установлении границ участков, судебным разбирательствам, финансовым и временным затратам. Предлагается ужесточить нормы точности межевания участков селитебных земель (поскольку данные нормы устанавливались 30 лет назад и безнадежно устарели, как показывает использование современных геодезических приборов и технологий), а также повысить ответственность межевых инженеров и кадастровых бюро до выдачи Росреестром паспортов земельных участков их владельцам. Отмечается, что при этом не потребуются расходовать дополнительные средства на приобретение геодезических приборов, поскольку геодезическая служба в России оснащена такими приборами уже много лет (с 2000 года). Возможно, при недостаточной точности существующей геодезической опоры потребуются создание плановой опорной межевой сети, что предусмотрено документами Росреестра.

1 Введение

В России в связи с изменением государственного устройства в 1991 году произошёл переход к частной собственности граждан, т. е. приватизации ранее социалистической собственности, который касался и земельных участков. В 1995 году число землевладельцев (землепользователей) составляло 44 млн чел., из них 15 млн чел. владели дачными и садовыми участками средней площадью 0,08 га, 22 млн чел. — приусадебными участками и участками под индивидуальное жилищное строительство средней площадью 0,30 га. Земля стала товаром. Средняя площадь федерального хозяйства составляла 42,8 га, а их число — 275 000¹.

2 Материалы и методы

Новые земельные отношения в России потребовали инвентаризации земель. Роскомзем совместно с Роскартографией разработал и утвердил единую технологию кадастровых и топографо-геодезических съёмок для целей инвентаризации и ведения кадастра в городах и других поселениях. Была установлена точность определения границ землепользований в сельских населённых пунктах: 0,2–0,5 м. Требования к точности их обозначения в натуре — 0,1–0,2 м, что соответствует графической точности топографических планов масштабов 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000 (см. **табл. 1**, источник которой — Методические рекомендации по проведению межевания объектов землеустройства [далее — методические рекомендации]²) [1].

Эти нормативные данные и пункты 15.3–15.6 методических рекомендаций являются руководящими для геодезистов, выполняющих межевые работы, при выносе границ новых участков или определении координат границ уже существующих земельных участков.

1 Алакоз В.В., Самратов У.Д., Родионов Б.Н. и др. Применение новых методов съёмок и актуальные задачи землеустройства // Геодезия и картография. 1995. № 7. С. 42–45.

2 Методические рекомендации по проведению межевания объектов землеустройства: утв. Росземкадастром 17 февраля 2003 г. (ред. от 18 апреля 2003 г.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://zpservice.ru/documents/3_2.pdf (дата обращения: 23.07.2024).

Таблица 1 Нормативная точность межевания объектов землеустройства

Table 1 Land surveying accuracy for land management objects

Градация земель	Средняя квадратическая ошибка M_c положения межевого знака относительно ближайшего пункта исходной геодезической основы, не более, м	Допустимые расхождения при контроле межевания, м	
		$\Delta S_{\text{доп}}$	$f_{\text{доп}}$
1. Земли поселений (города)	0,10	0,2	0,3
2. Земли поселений (поселки, сельские населенные пункты); земли, предоставленные для ведения личного подсобного хозяйства, садоводства, огородничества, дачного и индивидуального жилищного строительства	0,20	0,4	0,6
3. Земли промышленности и иного специального назначения	0,50	1,0	1,5
4. Земли сельскохозяйственного назначения (кроме земель, указанных в п. 2), земли особо охраняемых территорий и объектов	2,50	5,0	7,5
5. Земли лесного фонда, земли водного фонда, земли запаса	5,00	10,0	15,0

Примечание. Предельная ошибка положения межевого знака равна удвоенному значению M_c .

3 Результаты

Особую проблему кадастрового учета представляют участки садовых и дачных товариществ. В советское время в государственном кадастре недвижимости границы товарищества регистрировались с геодезической привязкой, а владельцам отдельных персональных участков выдавались свидетельства о собственности участка без геодезических привязок его границ с записью: «Границы участка не установлены в соответствии с законом». Таких участков в стране оказалось около 40 % от общего числа участков.

С 1 января 2018 года земельные участки, не имеющие установленных границ, т. е. геодезических привязок, нельзя ни продать, ни подарить, ни завещать [2, 3]. Для установления границ требуется межевой план, следовательно, необходимо обращаться к кадастровым инженерам [4, 5].

Найти геодезическую службу, выполняющую плановую привязку границ земельного участка и оформление кадастровых документов, несложно. В настоящее время существует множество частных предприятий (бюро), имеющих

лицензию на выполнение межевых работ. За 10–15 тыс. руб. они подготовят геодезические материалы (и даже на электронном носителе), которые следует передать в кадастровую палату. Но из кадастровой палаты может прийти отказ в регистрации, если участок пересекается с соседним (при условии, что тот зарегистрирован раньше) или выходит за границы садового товарищества.

Аналогичные несоответствия границ соседних земельных участков возникают и в сельских населенных пунктах при постановке их на кадастровый учет: они могли быть разделены заборами более ста лет назад, но по координатам границ частично перекрывают друг друга. Это происходит вследствие того, что при определении границ земельных участков в разное время и разными межевыми инженерами использовались разные опорные геодезические пункты государственных или городских сетей (например, как базовые станции при использовании глобальных навигационных спутниковых систем [ГНСС]), точность которых недостаточна. Например, при средней длине стороны триангуляции 4-го класса 3,5 км и средней квадратической погрешности (СКП) вычисления стороны $1 : 70\,000$ $m_s = 50$ мм, учитывая влияние точности угловых измерений, получим полную СКП $m_n = 50 \text{ мм} \times \sqrt{2} = 70$ мм. Предельная погрешность положения пункта в плане составит 140 мм, и это в лучшем случае при качественной сети.

Здесь следует отметить, что в документах при кадастровых работах предусматривается создание опорных межевых сетей, что позволяет справиться с этой проблемой. И она легко решается с помощью метода ГНСС или комплекта электронного тахеометра. Надо только выполнять Приказ Росреестра № П/0393 от 23 октября 2020 года³. Примером такого решения в России является высокоточная координатная система пунктов, закрепленных вдоль магистральных железных дорог, СКП которых в плане составляет 8 мм⁴.

Возникает вопрос: кто виноват в пересечении границ участков на бумаге — кадастровый инженер, выполнивший работу по привязке последним, или тот, кто делал это до него? Устанавливать истину предлагают заинтересованному лицу, т. е. хозяину участка, через суд [6, 7]. Однако для суда необходима независимая судебная экспертиза, а ее стоимость на данный момент составляет 70 тыс. руб. Оплатив экспертизу и судебные издержки, хозяин участка не обязательно выиграет и получит документы регистрации [8]. Иногда судебная тяжба длится годами (как показывает опыт, до трех лет).

3 Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23 октября 2020 г. № П/0393 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202011170010?ysclid=m6xiis14vb394449525> (дата обращения: 23.07.2024).

4 Швидкий В.Я., Ковалев В.В., Ковалев Г.В. Геодезическая съемка железнодорожных станций и узлов. М.: Проспект, 2018. 264 с.

Если кадастровые инженеры ошиблись при межевании, а кадастровый орган не увидел ошибки, очевидно, что владельцы участков не должны платить за устранение ошибок. Кадастровые инженеры не являются госслужащими, они не работают в кадастровой палате. Это индивидуальные предприниматели или наемные работники частной компании (ООО). Среди них есть специалисты, которые работают некачественно. При этом даже в случае их увольнения ошибки, допущенные ими, остаются. Поэтому результатом кадастровых работ должен быть не кадастровый план и другие документы, а постановка на кадастровый учет и получение кадастрового паспорта земельного участка. Тогда кадастровый инженер (и кадастровое бюро) будет отвечать за конечные результаты своей работы.

В методических рекомендациях приведена формула, по которой вычисляется возможное допустимое отклонение площади частного земельного участка, указанной в межевых документах, и вычисленной из контрольных измерений:

$$1 \quad \delta_{P_{\text{доп}}} = 3,5 M_t \sqrt{P_{\text{док}}},$$

где M_t — средняя квадратическая ошибка положения межевого знака, м;
 $P_{\text{док}}$ — площадь земельного участка, м².

Вычислим значение $\delta_{P_{\text{доп}}}$, используя нормативные допуски, приведенные в методических рекомендациях, для площади распространенных земельных участков, являющихся частной собственностью и, соответственно, подлежащих обороту (0,06 га), по формуле 1: $\delta_{P_{\text{доп}}} = 3,5 \times 0,20 \text{ м} \times \sqrt{600} = 17,1 \text{ м}^2$.

Маловероятно, что собственник земельного участка столь скромной площади согласится с такой потерей (3 %) или захочет платить налог за несуществующую у него площадь. Он вправе обратиться в суд за справедливостью, что часто и происходит.

4 Обсуждение

Необходимо повысить точность съемки и выноса границ земельных участков, определения их площадей. При этом следует объединить позиции 1 и 2 (см. табл. 1) в единую — «Селитебные земли»: в России многие города состоят из частных домовладений с приусадебными участками, с содержанием сельскохозяйственных животных (например, райцентры имеют статус города, но, по существу, являются большими селами). Устанавливая точность межевания селитебных земель, следует исходить из технических возможностей производства геодезических измерений в настоящее время — перейти от графических к аналитическим определениям площадей (координатным) [9].

В настоящее время (и уже около двадцати лет) в своей работе геодезисты используют для координатных определений электронные тахеометры и спутниковые приемники (ГНСС ГЛОНАСС, GPS) [10] (к сожалению, приборы только зарубежных фирм-производителей — Sokkia, Topcon, Nikon, Leica, Trimble и др., — и это надолго, так как отечественное геодезическое приборостроение практически разрушено). Точность измерения расстояний электронным тахеометром составляет 1–3 мм на расстояниях до 1000 м, в безотражательном режиме измерений — 5 мм на расстояниях до 500 м, точность измерений (построений) углов на местности — от 1" до 5". Координатные определения с применением спутниковых систем могут быть выполнены с точностью до 5 мм, а в режиме RTK — 20 мм (время стояния роверного приемника на определяемой точке — 10 с.), что межевого инженера вполне устраивает.

Приведем формулу для предрасчета точности выноса проектной точки на местность широко применяемым полярным методом с использованием электронного тахеометра:

2

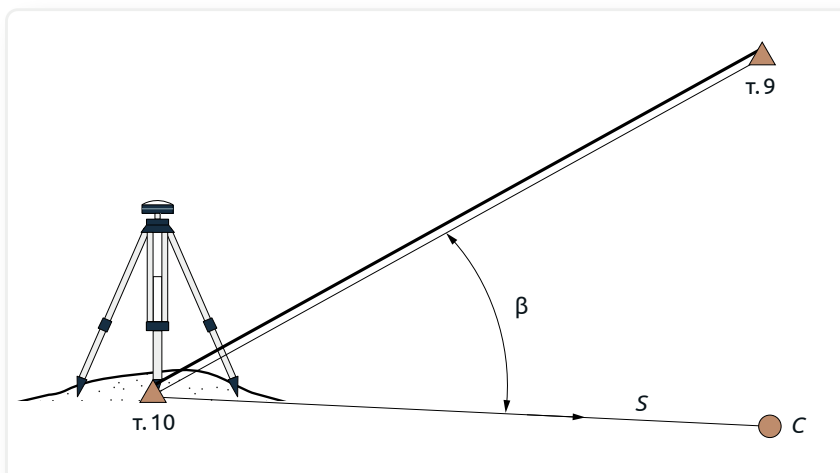
$$m_c = \sqrt{m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} S^2},$$

где m_s — СКП измерения расстояния S ;
 m_β — СКП измерения (построения) угла β ;
 S — полярное расстояние до определяемого пункта;
 ρ — радианная мера (206 265").

При $S = 70$ м, $m_\beta = 5''$, $m_s = 5$ мм погрешность съемки (выноса) точки C в натуру составит $m_c = 5,3$ мм (рис. 1).

Рис. 1 Полярная линейно-угловая засечка

Fig. 1 Polar linear-angular resection



Погрешность выноса точки C на местность вычисляется по формуле

$$m_c^2 = m_c'^2 + m_{\text{ц}}^2 + m_{\text{ф}}^2,$$

где $m_{\text{ц}}$ — погрешность центрирования прибора над опорной точкой;
 $m_{\text{ф}}$ — погрешность фиксации точки C на местности.

При $m_{\text{ц}} = 2$ мм, $m_{\text{ф}} = 3$ мм погрешность выноса точки C на местность составит $m_c'^2 = 41,1$ мм², $m_c = 6,4$ мм. С учетом погрешности исходных данных предельная погрешность выноса (съёмки) в натуру точки C может составить не более $\delta_c = 2m_c \leq 20$ мм.

Очевидно, что использование ГНСС-оборудования при работе в режиме реального времени RTK в ходе выполнения межевания обеспечивает указанную точность. Это на порядок точнее требований, приведенных в табл. 1. Эти же нормативы точности (табл. 1) утверждены Министерством экономического развития РФ⁵, они повторяются и в действующем Приказе Росреестра № П/0393 от 23 октября 2020 г. (с изменениями на 29 октября 2021 г.).

Известно, что наивысшая точность определения площадей участков любой конфигурации может быть получена при аналитическом способе, когда известны координаты всех поворотных точек границ участков (из спутниковых измерений, электронной тахеометрии), конечно, при надлежащей точности их определений. При этом используются формулы **4**, которые позволяют надежно вычислить площадь⁶:

$$\left. \begin{aligned}
 P &= \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n (X_i + X_{i+1})(Y_{i+1} - Y_i) \right] \\
 P &= \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}) \right] \\
 P &= \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n Y_i (X_{i-1} - X_{i+1}) \right] \\
 P &= \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n X_i Y_{i+1} - \sum_{i=1}^n X_i Y_{i-1} \right] \\
 P &= \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n Y_i X_{i-1} - \sum_{i=1}^n Y_i X_{i+1} \right]
 \end{aligned} \right\}$$

где X_i, Y_i — координаты i -й поворотной точки границы участка.

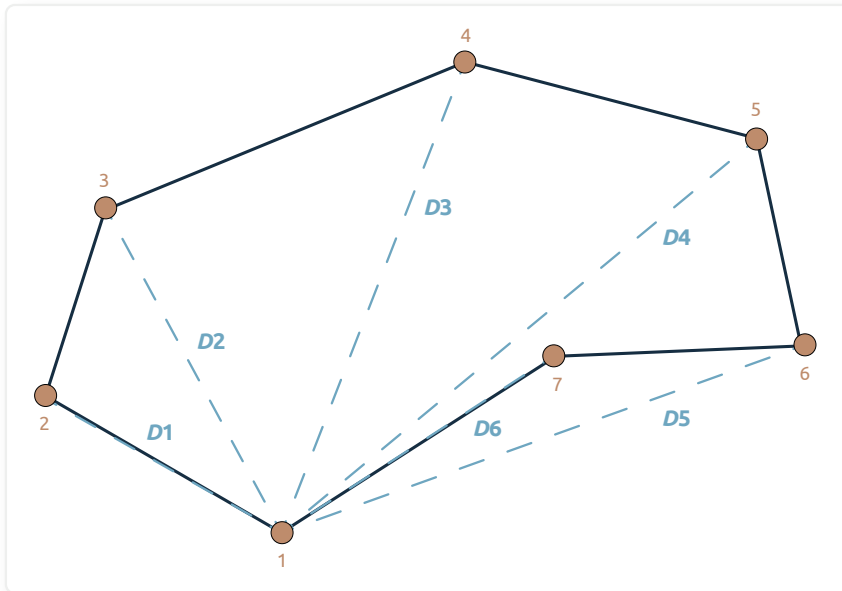
В этих формулах нумерация точек поворота границ обозначается по ходу часовой стрелки, начиная от точки 1 (рис. 2).

5 Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 17 августа 2012 г. № 518 «О требованиях к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, а также контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rg.ru/documents/2013/01/16/trebovaniya-dok.html> (дата обращения: 23.07.2024).

6 Ключин Е.Б., Киселев М.И., Михелев Д.Ш. и др. Инженерная геодезия: учебник для вузов. 10-е изд., перераб. и доп. М.: Изд. центр «Академия», 2010. 496 с.; Маслов А.В., Юнусов А.Г., Горохов Г.И. Геодезические работы при землеустройстве. М.: Недра, 1990. 212 с.

Рис. 2 Границы площади участка

Fig. 2 The boundaries of the land plot



Точность определения площади можно вычислить по формуле⁷

$$5 \quad m_p = \frac{1}{2} m_{x,y} \sqrt{\sum_1^n D_i^2},$$

где m_p — СКП определения площади;

$m_{x,y}$ — точность определения координат тем или иным способом;

D_i — расстояние от вершины (начала) многоугольника до каждой i -й точки (рис. 2).

Отметим, что программа «Площадь» меню электронного тахеометра при координировании углов поворота границ земельного участка автоматически вычисляет и выдает на дисплей его площадь непосредственно в поле, что позволяет сразу осуществлять контроль точности выполнения работ.

5 Выводы

На основе вышеизложенного можно сформулировать следующие соображения и предложения:

1. Необходимо объединить в колонке «Градация земель» табл. 1 пункты 1 и 2 под новым названием «Селитебные земли».

⁷ Маслов А.В., Юнусов А.Г., Горохов Г.И. Геодезические работы при землеустройстве. М.: Недра, 1990. 212 с.

2. Требуется установить в новом пункте следующую норму точности межевания объектов землеустройства: $m = 0,02$ м, $\delta = 0,04$ м, $\Delta = 0,05$ м.
3. Повышение точности определения координат характерных точек границ участков селитебных земель (табл. 1, пп. 1, 2) до величины СКП $m \leq 20$ мм не потребует дополнительных финансовых вложений, так как в настоящее время (и уже в течение около двадцати лет) геодезическая служба в России оснащена электронными тахеометрами и приборами для спутниковых определений координат точек.
4. Не потребуются и дополнительного времени при межевании земель, так как технология отработана и в настоящее время используется в межевании, но, возможно, потребуются создание опорных межевых пунктов, если точность координат имеющихся геодезических пунктов недостаточна (это предусмотрено в документах Росреестра).
5. Необходимо закреплять углы поворота границ земельного участка при межевании стальными штырями из арматуры диаметром 0,12 м и длиной 0,5 м и более (в зависимости от плотности грунтов), бетонируя выкопанный приямок вокруг штыря глубиной 20–30 см. При этом арматура должна возвышаться над поверхностью бетона не более чем на 20 мм.
6. При координировании на местности существующих границ поворота участка следует выполнять съемку центров столбов забора его ограждения.
7. Отчетным документом должен быть паспорт Росреестра на земельный участок, а приложением — пакет документов межевания. Предложенные изменения повысят ответственность инженеров-геодезистов и кадастровых бюро за выполненную работу. Эти меры приведут к устранению столь застаревшей проблемы межевания земель, освободят суды от исков пострадавших владельцев земельных участков, а самих владельцев — от лишних и внушительных финансовых трат.
8. В текстах нормативных документов, методиках выполнения работ при межевании земель следует использовать принятую в геодезии символику обозначений параметров (допусков, отклонений и др.), что позволит геодезистам легко понимать написанное.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Тетерин Г.Н. История геодезии — двадцатый век (Россия, СССР). Новосибирск: Сибпринт, 2001. 323 с.
2. Ермакова Н.В., Зубова Е.Б. Нормативно-правовая основа кадастровой деятельности и процедуры межевания земельных участков в Российской Федерации // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2018. № 8. С. 112–126.
3. Бевзенко Р.С. Государственная регистрация прав на недвижимое имущество: проблемы и пути решения // Вестник гражданского права. 2012. Т. 12. № 1. С. 4–34.

4. Затолокина Е.И., Черникова А.М. Кадастровые работы в отношении земельных участков // Вектор ГеоНаук. 2020. Т. 3. № 1. С. 46–50.
[DOI:10.24411/2619-0761-2020-10005](https://doi.org/10.24411/2619-0761-2020-10005).
5. Даниленко Е.П., Порошенко А.А. Кадастровые работы в структуре работ по межеванию земельных участков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 41–46.
6. Семенова Д.Е., Гиниятов И.А. Межевание земельных участков: современное состояние, проблемы и тенденции его развития // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. Т. 6. С. 226–231. [DOI:10.33764/2618-981X-2022-6-226-231](https://doi.org/10.33764/2618-981X-2022-6-226-231).
7. Мотлохова Е.А. Иск об исправлении кадастровой ошибки как способ защиты права собственности // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2015. Т. 7. № 166. С. 71–83.
8. Муратова А.А. Порядок согласования местоположения границ земельных участков // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 2: Юридические науки. 2020. Т. 1. № 23. С. 44–49.
[DOI:10.21777/2587-9472-2020-1-44-49](https://doi.org/10.21777/2587-9472-2020-1-44-49).
9. Аврунев Е.И., Вылегжанина В.В., Гиниятов И.А. и др. Совершенствование аналитического способа вычисления координат границ земельных участков // Вестник СГУГиТ. 2019. Т. 24. № 4. С. 197–207.
[DOI:10.33764/2411-1759-2019-24-4-197-207](https://doi.org/10.33764/2411-1759-2019-24-4-197-207).
10. Аврунев Е.И. Геодезическое обеспечение государственного кадастра недвижимости: монография. Новосибирск: СГГА, 2010. 143 с.

АВТОР

Швидкий Валентин Яковлевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»
(МИИГАиК), Москва, Россия
кафедра прикладной геодезии, геодезический факультет
канд. техн. наук, доцент

Поступила 01.08.2024. Принята к публикации 20.12.2024. Опубликовано 27.12.2024.

UDC 528.4

DOI:10.30533/scidata-2024-15-17



On the issue of land surveying in Russia

Valentin Ya. Shvidky¹✉

AFFILIATIONS

¹ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

✉ shvidkyvi@mail.ru

CITATION

Shvidky VYa. On the issue of land surveying in Russia. *Spatial Data: science, research and technology*. 2024;15(4): 31–42. DOI:10.30533/scidata-2024-15-17.

KEYWORDS

private property, land plots, surveying, coordinates, planned accuracy, accuracy standards, turnover of land plots, geodetic satellite observation systems, electronic total station, cadastral documents

ABSTRACT

The accuracy of land surveying is considered – the removal of site boundaries in nature, the coordination of existing plots of residential land. There is an insufficient rate of accuracy of land surveying, which leads to conflicts between neighboring land users when setting land boundaries, litigation, and waste of money and time. It is proposed to tighten the accuracy standards of surveying residential land plots. It is noted that additional funds will not need to be spent on the purchase of geodetic instruments, since the geodetic service in Russia has been equipped with such instruments for many years (since 2000). Perhaps, if the accuracy of the geodetic reference network is insufficient, it will be necessary to create a plane reference surveying network.

REFERENCES

1. Teterin GN. *Istorija geodezii – dvadcatyj vek (Rossija, SSSR)* [The history of geodesy – the 20th century (Russia, USSR)]. Novosibirsk: Sibprint, 2001. 323 p.

2. Ermakova NV, Zubova EB. Normativno-pravovaja osnova kadastrovoj dejatel'nosti i procedury mezhevanija zemel'nyh uchastkov v Rossijskoj Federacii [Standard and legal basis of cadastral activity and land surveying of the parcels in the Russian Federation]. *Interexpo GEO-Siberia*. 2018;8: 112–126.
3. Bevzenko RS. Gosudarstvennaja registracija prav na nedvizhimoe imushhestvo: problemy i puti reshenija [State registration of rights to immovable property: problems and solutions]. *Civil Law Review*. 2012;12(1): 4–34.
4. Zatolokina EI, Chernikova AM. Kadastryvye raboty v otnoshenii zemel'nyh uchastkov [Cadastral work in relation to land plots]. *Vector of Geosciences*. 2020;3(1): 46–50. DOI:10.24411/2619-0761-2020-10005.
5. Danilenko EP, Poroshenko AA. Kadastryvye raboty v strukture rabot po mezhevaniju zemel'nyh uchastkov [Cadastral works in the structure of land surveying works]. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2014;5: 41–46.
6. Semenova DE, Ginijatov IA. Mezhevanie zemel'nyh uchastkov: sovremennoe sostojanie, problemy i tendencii ego razvitija [Surveying of land plots: current state, problems and trends of its development]. *Interexpo GEO-Siberia*. 2022;6: 226–231. DOI:10.33764/2618-981X-2022-6-226-231.
7. Motlokhova EA. Isk ob ispravlenii kadastrovoj oshibki kak sposob zashhity prava sobstvennosti [Claim of correction cadastral error as a way to protect title]. *Property Relations in the Russian Federation*. 2015;7(66): 71–83.
8. Muratova AA. Porjadok soglasovanija mestopolozhenija granic zemel'nyh uchastkov [Procedure for coordinating the location of land boundaries]. *Moscow Witte University Bulletin. Series 2: Legal science*. 2020;1(23): 44–49. DOI:10.21777/2587-9472-2020-1-44-49.
9. Avrunev EI, Vylegzhanina VV, Ginijatov IA, et al. Sovershenstvovanie analiticheskogo sposoba vychislenija koordinat granic zemel'nyh uchastkov [Improvement of analytical method for land parcel boundaries calculation]. *Vestnik SSUGT*. 2019;24(4): 197–207. DOI:10.33764/2411-1759-2019-24-4-197-207.
10. Avrunev EI. *Geodezicheskoe obespechenie gosudarstvennogo kadastra nedvizhimosti* [Geodetic support of the state real estate cadastre] [monograph]. Novosibirsk: SGGa; 2010. 143 p.

AUTHOR

Valentin Ya. Shvidky

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

Department of Applied Geodesy, Faculty of Geodesy

PhD in Engineering, Associate Professor

Submitted: August 01, 2024. Accepted: December 20, 2024. Published: December 27, 2024.