

В.Е. Гагин, А.В. Барышников, Д.А. Сутырин

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ВЫПОЛНЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ НА ПРИМЕРЕ ПОЛИГОНА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО УЧЕБНОГО ЦЕНТРА

Аннотация. На сегодняшний день благодаря быстроразвивающимся цифровым технологиям появилась возможность создать точную копию реального объекта в трехмерном информационном пространстве. Такая копия может отражать в цифровом виде физические, функциональные и прочие характеристики объекта. Исходя из вышеперечисленного данная технология является перспективной в различных технических сферах, особенно в проектировании различных объектов.

В данной статье представлен технологический процесс создания топографической основы с целью формирования трехмерной информационной модели учебного железнодорожного полигона. Выполнение геодезических изысканий начинается с осмотра местности и разбивки пунктов плано-высотного обоснования. Съёмка местности ведется с пунктов плано-высотного обоснования высокоточными современными геодезическими приборами (тахеометр, оптический нивелир) и при помощи глобальной навигационной спутниковой системы, имеющими достаточные для данных изысканий характеристики. Полученные измерения потребуются для создания топографического плана местности в масштабе 1:500. Обработку полученных данных производили с использованием специализированного программного обеспечения.

На основе полученных результатов строится цифровая модель местности, в которой отображается вся ситуация местности учебного железнодорожного полигона. Построение модели осуществляется на основе инструкции по топографической съёмке с использованием заданного масштаба. По полученной топографической основе местности будет построена трехмерная информационная модель, которая будет использоваться как в учебной деятельности, так и в целях строительных работ по модернизации учебного полигона.

Ключевые слова: геодезия, топографический план, тахеометр, ГНСС приемник, CREDO-DAT, NanoCAD, GIS Panorama

V.E. Gagin, D.A. Sutyurin, A.V. Baryshnikov

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

PERFORMING ENGINEERING AND GEODETIC SURVEYS TO BUILD A THREE-DIMENSIONAL INFORMATION MODEL USING THE EXAMPLE OF THE EAST SIBERIAN TRAINING CENTER POLYGON

Abstract. Today, thanks to rapidly developing digital technologies, it has become possible to create an exact copy of a real object in a three-dimensional information space. Such a copy can digitally reflect the physical, functional and other characteristics of the object. Based on the above, this technology is promising in various technical fields, especially in the design of various facilities.

This article presents the technological process of creating a topographic base in order to form a three-dimensional information model of a training railway training ground. The execution of geodetic surveys begins with an inspection of the area and the breakdown of the points of the planned high-altitude justification. The terrain is surveyed from the points of planned high-altitude justification with high-precision modern geodetic instruments (total station, optical level) and using a global navigation satellite system with sufficient characteristics for these surveys. The measurements obtained will be required to create a topographic plan of the area on a scale of 1:500. The processing of the received data was carried out using specialized software.

Based on the results obtained, a digital terrain model is built, which displays the entire situation of the terrain of the training railway training ground. The model is built based on the instructions for topographic survey using a given scale. Based on the obtained topographic basis of the area, a three-dimensional information model will be built, which will be used both in educational activities and for construction work on the modernization of the training ground.

Keywords: geodesy, topographic plan, total stations, GNSS receiver, CREDO-DAT, NanoCAD, GIS Panorama

Введение

Создание трехмерных информационных моделей (ВИМ-моделей) в цифровом пространстве с применением современных технологий является перспективным направлением в проектировании. Трехмерная информационная модель позволяет в полной мере передать особенности и структуру объекта с сохранением его изначального вида. Цифровая модель местности (ЦММ) в виде электронного топографического плана, созданного в геоинформационной среде, послужит основой для создания производных трехмерных информационных материалов, предназначенных для проектирования и решения каких-либо управленческих, инвентаризационных и других задач.

В качестве объекта исследования был выбран учебный полигон Восточно-Сибирской железной дороги, расположенный в девятистах метрах от станции «Академическая». Данная территория находится в восточном направлении железнодорожных путей и северо-восточнее микрорайона «Университетский» в черте г. Иркутска (рис. 1).

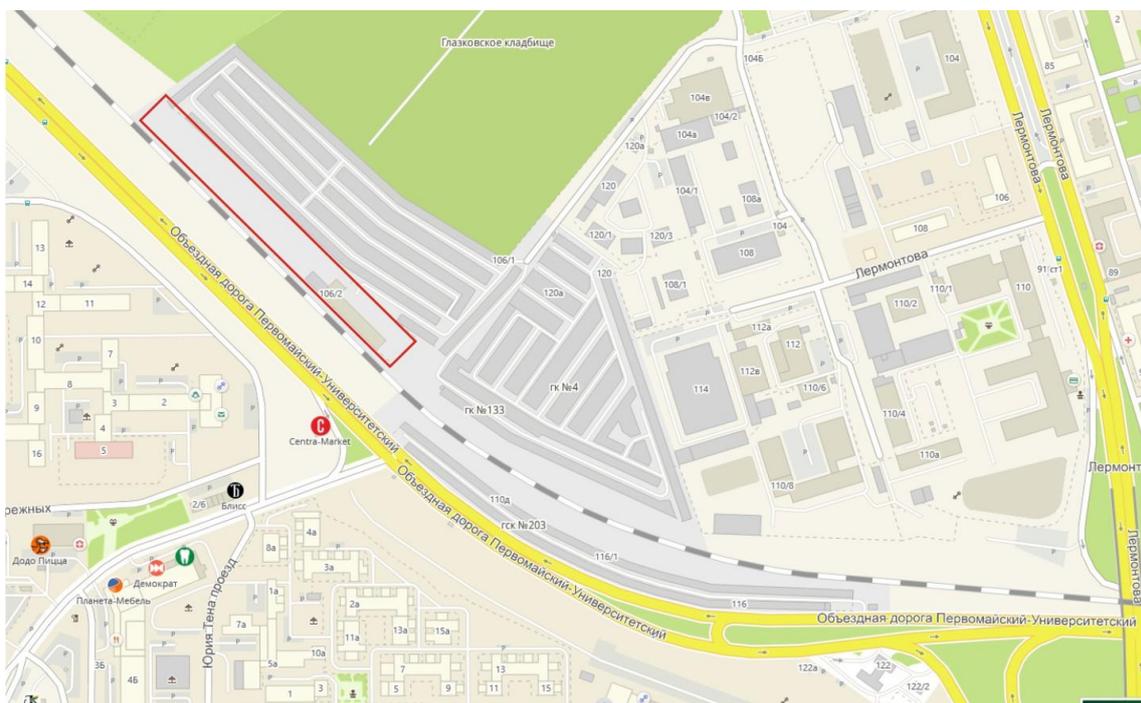


Рис. 1. Местоположение учебного центра Восточно-Сибирской железной дороги (красный прямоугольник)

Целью данной статьи является создание ЦММ в виде электронного крупномасштабного топографического плана для формирования ВИМ-модели территории учебного полигона.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи (виды работ):

1. рекогносцировка и создание плано-высотного обоснования (ПВО);
2. нивелировка пунктов ПВО;
3. крупномасштабная тахеометрическая съемка;
4. уравнивание геодезических измерений;
5. построение ЦММ.

На рис. 2 данный технологический процесс представлен в виде блок-схемы.

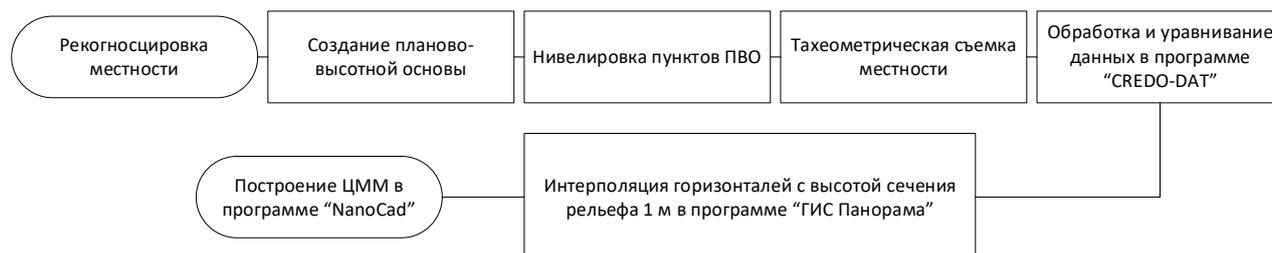


Рис. 2. Блок-схема технологического процесса проделанной работы

Рекогносцировочные работы и создание пунктов планово-высотного обоснования

В рамках рекогносцировочных работ было проведено предварительное ознакомление с территорией. Далее временными знаками в виде дюбелей, забитыми в бетонные основания, были закреплены съемочные точки (рис. 3) [1–4].

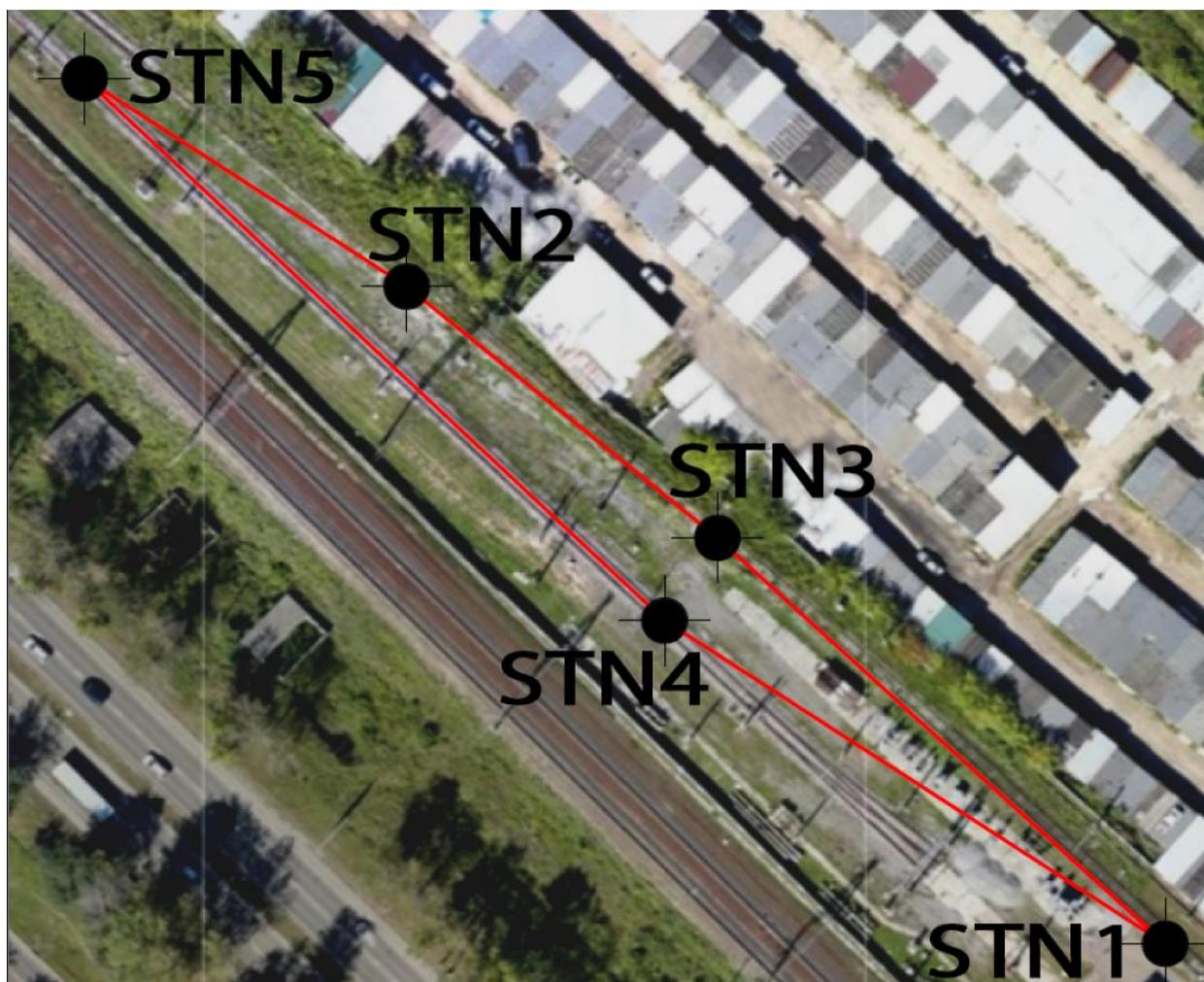


Рис. 3. Схема планово-высотного обоснования

Координаты станций и высота первой точки ПВО получены при использовании технологий спутниковых навигационных систем в режиме Stop&Go. В данной работе использовался GNSS-приемник EFT M2 (рис. 4) [5]. Применение данного оборудования позволяет получать координаты точек с высокой точностью (табл. 1) в местной системе координат (МСК-38) относительно хорошо развитой сети базовых станций.

Таблица 1. Характеристики позиционирования GNSS-приемника EFT M2

Элемент	Характеристика элемента
Антенна	Встроенная
Количество каналов	555
Частота позиционирования	До 5 Гц
Точность RTK	8 мм + 1ppm / 15 мм+1ppm

Нивелировка пунктов планово-высотного обоснования

Для повышения точности высотных характеристик точек съемочного обоснования применялся метод геометрического нивелирования из середины с использованием оптического нивелира VEGA L24 (рис. 5). Точность данного прибора (по алюминиевой рейке) составляет + 2 мм. Данная точность позволит получить измерения высот ПВО с минимальной погрешностью.



Рис. 4. Глобальная навигационная спутниковая система EFT M2



Рис. 5. Оптический нивелир VEGA L24

Тахеометрическая съемка местности

Для выполнения тахеометрической съемки был использован электронный тахеометр Sokkia CX-105 (рис. 6). В табл. 2 приведены краткие технические характеристики прибора. Использование данного тахеометра позволило получить достаточную точность при позиционировании речных точек [6].



Рис. 6. Тахеометр Sokkia CX-105

Таблица 2. Основные характеристики Sokkia CX-105

Элемент	Характеристика элемента
Компенсатор	Двухосевой
Диапазон компенсаций	$\pm 6'$
Дальность на призму	До 5 000 м
Дальность без отражателя	500 м
Точность на призму	2 мм + 2 ppm
Точность без отражателя	3 мм + 2 ppm
Увеличение	30×

Среди объектов ситуации встречались: элементы верхнего (рельсошпальная решетка и стрелочные переводы) и нижнего строения пути (насыпи, бровка); искусственные сооружения; опоры контактной сети; здание учебного центра; водоотводящие сооружения (лотки).

Данные объекты в дальнейшем отображаются на топографическом плане в соответствии со стандартными условными знаками в масштабе 1:500 (рис. 8) [7–12].

Уравнивание геодезических измерений

Результаты тахеометрической съемки в виде «сырого» файла в формате *.SDR с электронного тахеометра были перенесены на персональный компьютер. После чего производился импорт данного файла в специализированную программу для обработки геодезических измерений – CREDO-DAT (рис. 7) [13, 14]. С помощью данного программного обеспечения выполнено уравнивание и получены координаты и высоты реечных точек относительно пунктов ПВО.

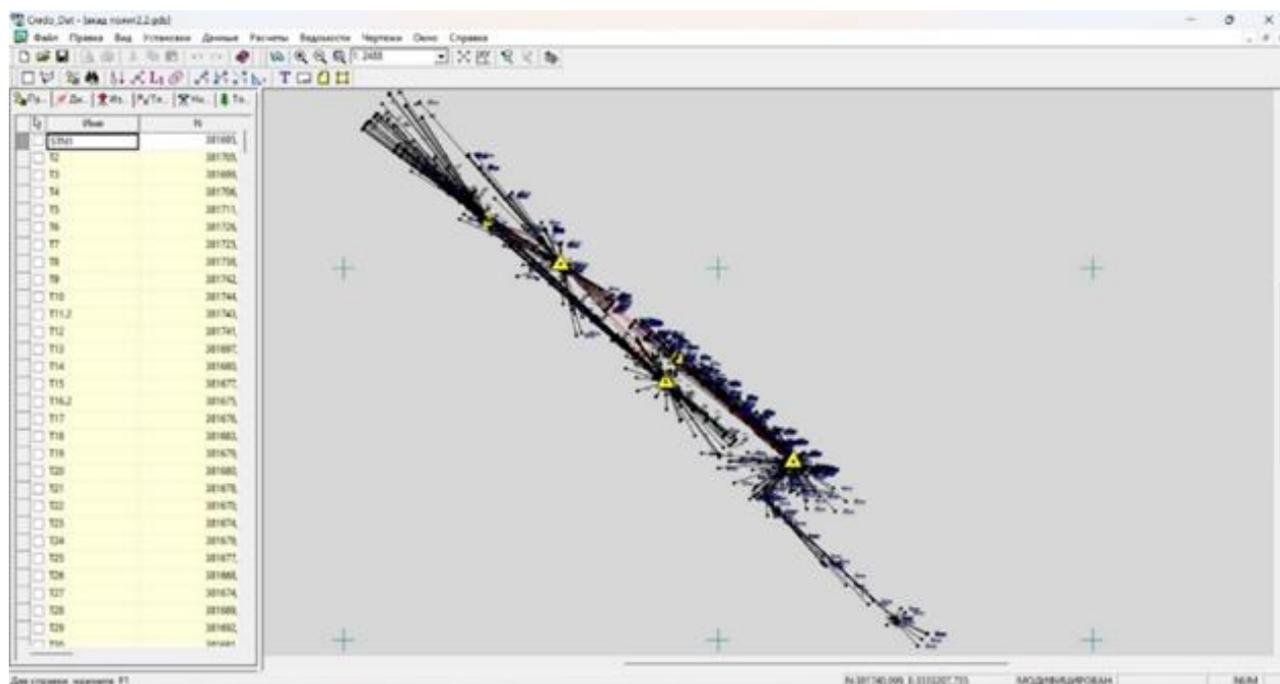


Рис. 7. Интерфейс программы CREDO-DAT

Для выполнения процесса интерполяции горизонталей была выбрана геоинформационная система «Панорама». Данная система является универсальным инструментом для создания и редактирования цифровых карт и планов [15], а также оснащена различными внутренними инструментами по созданию производных объектов в автоматическом и полуавтоматическом режиме. В результате на всем пространстве объекта (без учета мелких форм рельефа, таких как откосы, выемки, насыпи и др.) были построены горизонталы с высотой сечения 1 м.

Построение цифровой модели местности

Крупномасштабный топографический план учебного полигона был сформирован с помощью системы автоматизированного проектирования, позволяющей производить работы по созданию и моделированию технологических объектов и элементов различной сложности – NanoCAD [16]. Помимо создания технических чертежей, NanoCAD можно использовать для формирования различных пространственных моделей, т.к. в данной программе реализован подход координирования объектов, например, в системе плоских прямоугольных координат (МСК-38). В системе NanoCAD производилась оцифровка ситуации и формирование окончательной ЦММ в масштабе 1:500 (рис. 8).

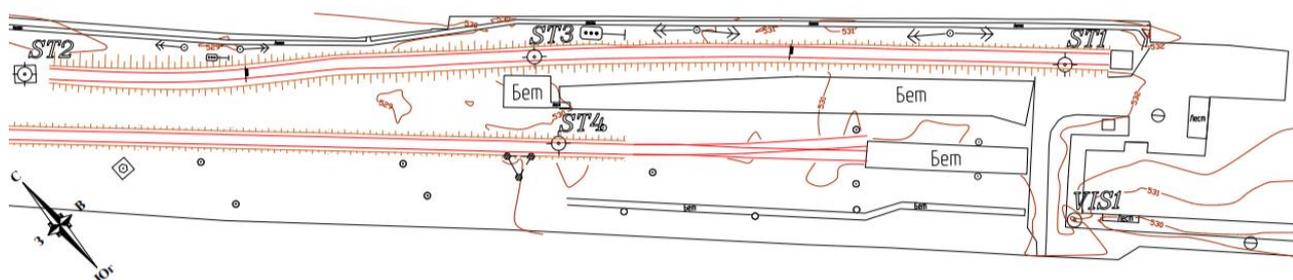


Рис. 8. Фрагмент топографического плана в масштабе 1:500

Заключение

В настоящий момент внедрение BIM-технологий в производство осуществляется огромными темпами. Следовательно, выполнение любых видов изысканий должны подстраиваться под современные тенденции и новые правила оформления проектной документации. Геодезические работы не являются исключением, поэтому в статье представлен технологический процесс подготовки ЦММ в виде топографического плана. В дальнейшем, данная пространственная модель будет использоваться в качестве основы для создания трехмерной информационной модели учебного полигона. Результаты работы также могут быть использованы в учебном процессе или при производстве работ непосредственно на территории самого полигона, так как полученная на топографической основе пространственная модель является оптимальной для выполнения различных видов проектной и строительной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поклад Г.Г., Гриднев С.П. Геодезия. М. : Академический Проект, 2013. 537 с.
2. Попов В.Н., Чекалин С.И. Геодезия. М. : Горная книга, 2012. 721 с.
3. Кузнецов А.А., Воронов Г.Б. Расчётно-аналитические способы определения геодезических координат точек навигационных изолиний // Геодезия и картография. 1996. №10. С. 43–45.
4. Геодезия / Е.Б. Ключин, М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев и др. М.: Академия, 2012. 495 с.
5. Спутниковый приёмник // Википедия : сайт. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Спутниковый_приёмник (дата обращения 01.04.2024).
6. Дементьев В.Е. Современная геодезическая техника и ее применение. М. : Академический проект, 2008. 590 с.
7. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения (ред. 30.12.2020) : утв. Приказом Минстроя РФ № 1033/пр от 30.12.2016 г. Введ. : 2017–07–01. М. : Минстрой России, 2016. 167 с.
8. Об утверждении правил назначения ремонтов железнодорожного пути : распоряжение ОАО «РЖД» от 17.12.2021 № 2888/р (ред. 14.12.2023). Доступ из справ.-правовой системы АСПИЖТ в локал. сети.
9. Основы геодезии и топографии / О.Н. Бурмистрова, Ю.Н. Пильник, С.И. Сушков и др. Ухта : УГТУ, 2016. 167 с.
10. Маринин Е.И. Инженерная геодезия : курс лекций. Самара : СГАСУ, 2014. 79 с.
11. Федотов Г.А. Инженерная геодезия. М. : ИНФРА-М, 2016. 477 с.
12. Кузьмин Г.И. Инженерная геодезия : курс лекций. Самара : СГАСУ, 2014. 137 с.

13. Ефимова О.К. Информационные системы для землеустройства и кадастра. Новосибирск : СГГА, 2012. URL : <https://studfile.net/preview/6277727/page:4/> (дата обращения 03.04.2024).
14. Коугия.В.А. Математическое моделирование при обработке геодезических измерений. СПб. : СПбГГИ, 2007. 100 с.
15. Профессиональная ГИС «Панорама» // КБ Панорама : сайт. URL : https://gis-info.ru/products/map12_prof.htm (дата обращения 02.04.2024).
16. Продукты nanoCAD // Нормасофт : сайт. URL : <https://normasoft.com/products/> (дата обращения 02.04.2024).

REFERENCES

1. Poklad G.G., Gridnev S.P. Geodeziya [Geodesy]. Moscow: Akademicheskii Proekt Publ., 2013. 537 p.
2. Popov V.N., Chekalin S.I. Geodeziya [Geodesy]. Moscow: Gornaya kniga Publ., 2012. 721 p.
3. Kuznetsov A.A., Voronov G.B. Raschetno-analiticheskie sposoby opredeleniya geodezicheskikh koordinat toчек navigatsionnykh izolinii [Computational and analytical methods for determining geodetic coordinates of navigation contour points]. *Geodeziya i kartografiya* [Geodesy and cartography], 1996, no 10, pp. 43–45.
4. Klyushin E.B., Kiselev M.I., Mikhelev D.Sh., Fel'dman V.D. Geodesiya [Geodesy]. Moscow: Akademiya Publ., 2012. 495 p.
5. Sputnikovyi priemnik (elektronnyi resurs) [Satellite receiver (electronic resource)]. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Спутниковый_приёмник (Accessed April 1, 2024).
6. Dement'ev V.E. Sovremennaya geodezicheskaya tekhnika i ee primeneniye [Modern geodetic technic and its application]. Moscow: Akademicheskii proekt Publ., 2008. 590 p.
7. SP 47.13330.2016 Inzhenernye izyskaniya dlya stroitel'stva. Osnovnye polozheniya (red. 30.12.2020) [Set of Rules 47.13330.2016 Engineering surveys for construction. The main provisions (ed. December 30, 2020)]. Moscow: Ministroi Rossii Publ., 2016. 167 p.
8. Rasporyazhenie ОАО «RZhD» ot 17.12.2021 No 2888/r «Ob utverzhdenii pravil naznacheniya remontov zheleznodorozhnogo puti» (red. 14.12.2023) [Order of JSC «Russian Railways» dated December 17, 2021 no 2888/r «On approval of the rules for the appointment of railway track repairs» (ed. December 14, 2023)].
9. Burmistrova O.N., Pil'nik Yu.N., Sushkov S.I., Efimova I.A. Osnovy geodezii i topografii [Fundamentals of geodesy and topography]. Ukhta: UGTU Publ., 2016. 167 p.
10. Marinin E.I. Inzhenernaya geodeziya: kurs lektsii [Engineering geodesy: a course of lectures]. Samara: SGASU Publ., 2014. 79 p.
11. Fedotov G.A. Inzhenernaya geodeziya [Engineering geodesy]. Moscow: INFRA-M Publ., 2016. 477 p.
12. Kuz'min G.I. Inzhenernaya geodeziya: kurs lektsii [Engineering geodesy: a course of lectures]. Samara: SGASU Publ., 2014. 137 p.
13. Efimova O.K. Informatsionnye sistemy dlya zemleustroistva i kadastra [Information systems for land management and cadastre]. Novosibirsk: SGGGA Publ., 2012. Available at: <https://studfile.net/preview/6277727/page:4/> (Accessed April 3, 2024).
14. Kougiya.V.A. Matematicheskoe modelirovanie pri obrabotke geodezicheskikh izmerenii [Mathematical modeling in the processing of geodetic measurements]. Saint Petersburg: SPbGGI Publ., 2007. 100 p.
15. Professional'naya GIS «Panorama» (elektronnyi resurs) [Professional GIS «Panorama» (electronic resource)]. Available at: https://gisinfo.ru/products/map12_prof.htm (Accessed April 2, 2024).
16. Produkty nanoCAD (elektronnyi resurs) [NanoCAD products (electronic resource)]. Available at: <https://normasoft.com/products/> (Accessed April 2, 2024).

Информация об авторах

Гагин Виктор Евгеньевич – к. т. н., доцент кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: victor_gagin@mail.ru.

Сутырин Данил Александрович – студент кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: D_sutyurin@bk.ru.

Барышников Александр Вячеславович – студент кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: a.baryshnikov03@mail.ru.

Information about the authors

Gagin Viktor Evgen'evich – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Construction of Railways, Bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: victor_gagin@mail.ru.

Sutyurin Danil Alexandrovich – student of the Department of Construction of Railways, Bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: D_sutyurin@bk.ru.

Baryshnikov Alexander Vyacheslavovich – student of the Department of Construction of Railways, Bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: a.baryshnikov03@mail.ru.