

Обоснование применения программного комплекса TopoCad для расчета геометрических параметров трассы при строительстве метрополитена

В. В. Гладчук^{1✉}, В. В. Горожанкин², А. В. Олонцева², Ю. М. Тер-Оганесова²

¹АО «Трансинжстрой», г. Москва, Российская Федерация

²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация

✉ vvgladchuk@mail.ru

Резюме. Изложены результаты применения программного комплекса TopoCad при расчете геометрических элементов трассы перегонных тоннелей метрополитена. На примере участка между станциями «Вавиловская» и «Академическая» Московского метрополитена показаны особенности применения графического метода задания трассы, формирования элементов сопряжения и подготовки данных для разбивочных работ.

Ключевые слова: TopoCad, расчет трассы, тоннель, метрополитен, маркшейдерское обеспечение, подземное строительство

Для цитирования: Гладчук В.В., Горожанкин В.В., Олонцева А.В., Тер-Оганесова Ю.М. Обоснование применения программного комплекса TopoCad для расчета геометрических параметров трассы при строительстве метрополитена. *Маркшейдерия и недропользование*. 2026;26(1):41-44. <https://doi.org/10.56195/20793332-2026-26-1-41-44>.

Justification of using the TopoCad software package for calculating geometric parameters of tunnel alignment in metro construction

V. V. Gladchuk^{1✉}, V. V. Gorozhankin², A. V. Olontseva², Yu. M. Ter-Oganesova²

¹Transinzstroy Joint Stock Company, Moscow, Russian Federation

²National University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russian Federation

✉ vvgladchuk@mail.ru

Rezume. The paper presents the results of applying the TopoCad software package for calculating geometric elements of metro running tunnel alignment. Using the section between the Vavilovskaya and Akademicheskaya stations of the Moscow Metro as an example, the features of the graphical method for alignment definition, formation of transition elements and preparation of data for staking-out operations are demonstrated.

Keywords: TopoCad, tunnel alignment calculation, tunnel, metro construction, mine surveying, underground construction

For citation: Gladchuk V.V., Gorozhankin V.V., Olontseva A.V., Ter-Oganesova Yu.M. Justification of using the TopoCad software package for calculating geometric parameters of tunnel alignment in metro construction. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2026;26(1):41-44. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/20793332-2026-26-1-41-44>.

Введение

Развитие транспортной инфраструктуры мегаполисов невозможно без активного освоения подземного пространства, прежде всего строительства линий метрополитена. В условиях плотной городской застройки точность маркшейдерского и геодезического обеспечения становится ключевым фактором безопасности и эффективности строительства [1–3].

При сооружении перегонных тоннелей широко исполь-

зуются щитовые тоннелепроходческие комплексы (ТПМК), обеспечивающие высокое качество работ и минимизацию влияния на окружающую застройку. Эффективность работы ТПМК определяется точностью выдерживания проектной оси, что особенно важно на участках с криволинейной геометрией [4].

Строительство участка «Троицкой» линии Московского метрополитена выполнялось с использованием ТПМК

Herrenknecht S-328, оснащенного навигационной системой VMT GmbH [5, 6].

Цель исследования: обосновать целесообразность применения программного комплекса ТороСад для расчета геометрических элементов трассы тоннеля.

Материал и методы исследований

Одним из ключевых этапов расчета трассы является формирование ее плановой геометрии. Рассмотрим графический способ задания трассы (рис. 1), применяемый при наличии геометрической и укладочной схемы [7, 8].

Исходные данные включали координаты вершин углов (ВУ), радиусы кривых и длины переходных кривых. Ввод траектории выполнялся в ТороСад.

Построение выполнялось по следующей последовательности:

- 1) ввод координат ВУ участка (ПК236 – центр кривой – ПК243);
- 2) формирование тангенциального хода, проходящего через все заданные точки (рис. 2);
- 3) задание параметров элементов сопряжения: радиуса круговой кривой, длины входной и выходной клотоиды (рис. 1);
- 4) генерация таблицы с координатами точек сопряжения и длинами элементов (рис. 3);
- 5) контроль соответствия результатов проектным значениям.

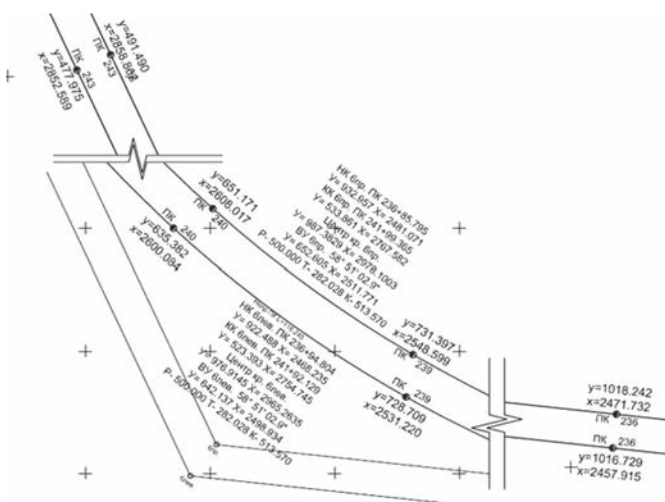


Рис. 1. Участок геометрической схемы трассы / Fig. 1. Fragment of the geometric alignment scheme

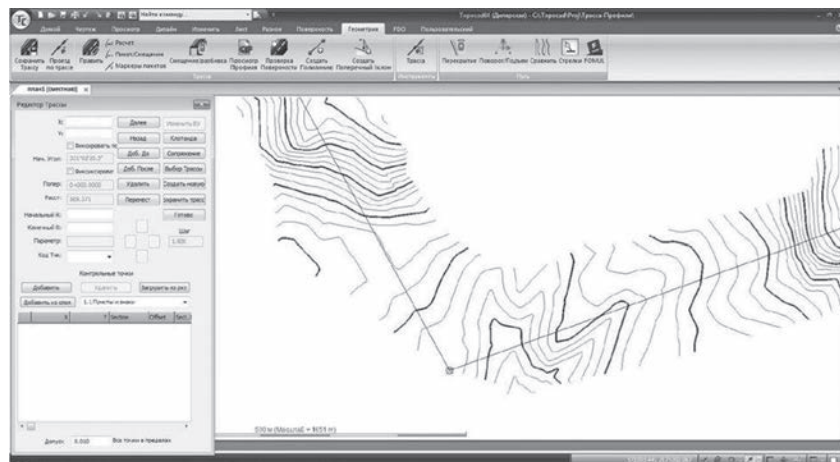


Рис. 2. Тангенциальный ход, построенный в ТороСад / Fig. 2. Tangential traverse constructed in TороСад

После задания параметров переходных и круговых кривых программа выполняет автоматический расчет точек сопряжения. Результаты представлены в виде таблицы координат и параметров элементов трассы (рис. 3).

Результаты исследований

В программном комплексе ТороСад была получена расчетная модель трассы, включающая плановое, профильное и пространственное положение. Проверка результатов показала совпадение расчетных и проектных данных в пределах допуска.

Сформированная 3D-линия трассы была успешно использована для разбивочных работ, что позволило сократить время вынесения путевых реперов и повысить точность работ на криволинейных участках.

Также расчет трассы с использованием данного программного продукта позволяет эффективно и в сжатые сроки выполнять расчеты с целью выявления (при их наличии) отклонений в проектных чертежах, что является одной из основных задач маркшейдера – проверкой проектных данных геометрической и укладочной схемы перед началом производства работ.

Обсуждение результатов исследований

Использование ТороСад показало преимущества перед традиционными методами расчета геометрических параметров

Инфо	Трасса первый урок 2 (местная)				Чертеж1 (местная)				Трасса3 (местная)				Х
Имя Тук	Х	У	Пикет	Радиус	Кон. Радиус	Параметр	Код	Дир.У	Кон. Дир.У	Пикет	Дир.У	Кон. Дир.У	Пикет
1	-821.104	-5137.061	2+900.0000					269°59'59.9"	269°59'59.9"	193.2155			
2	-821.104	-5330.277	3+093.2155		-600.0000	189.7367		269°59'59.9"	267°08'06.6"	60.0000			
3	-822.104	-5390.262	3+153.2155	-600.0000	-600.0000			267°08'06.6"	254°20'24.9"	133.9882			
4	-843.625	-5522.228	3+287.2037	-600.0000		189.7367		254°20'24.9"	251°28'31.6"	60.0000			
5	-861.735	-5579.423	3+347.2037					251°28'31.6"	251°28'31.6"	585.6920			
6	-1047.816	-6134.769	3+932.8957		-400.0000	154.9193		251°28'31.6"	247°10'41.8"	60.0000			
7	-1068.290	-6191.152	3+992.8957	-400.0000	-400.0000			247°10'41.8"	212°06'10.0"	244.8732			
8	-1224.400	-6374.844	4+237.7689	-400.0000		154.9193		212°06'10.0"	207°48'20.1"	60.0000			
9	-1276.743	-6404.143	4+297.7689					207°48'20.1"	207°48'20.1"	701.8654			
10	-1897.568	-6731.544	4+999.6343					207°48'20.1"					

Рис. 3. Таблица вычисленных координат точек сопряжения / Fig. 3. Table of calculated coordinates of alignment points

тров трасс, основанными на классических подходах, применяемых при подземном строительстве [7]. Автоматизация вычислений облегчает работу инженера и минимизирует ошибки [9, 10].

Программный комплекс обеспечивает гибкость при работе с пикетажем и геометрией трассы в отличие от навигационных систем ТПМК, ориентированных преимущественно на управление проходкой [4, 5].

По сравнению с универсальными CAD-системами ТороСад лучше адаптирован под маркшейдерские задачи и обеспечивает высокую точность при формировании таблиц трассы [8].

Для подтверждения соответствия полученных результатов современным подходам механизированного тоннелестроения и геодезического сопровождения подземных работ следует отметить, что аналогичные принципы расчета трасс, мониторинга и навигационного обеспечения ТПМК подробно рассмотрены в исследованиях и руководствах [11–15].

Предложения по практическому применению

ТороСад рекомендуется использовать для предварительной проверки проектных геометрических схем, подготовки данных для навигации ТПМК, а также для маркшейдерских разбивочных работ.

Представляет интерес исследование интеграции расчетных трасс с навигационными системами различных производителей для повышения точности проходки в сложных инженерных условиях.

Заключение

Программный комплекс ТороСад позволяет эффективно выполнять расчет геометрических параметров трассы перегонных тоннелей метрополитена. Автоматизация повышает точность вычислений и снижает трудоемкость маркшейдерских работ.

Полученные результаты подтверждают целесообразность применения ТороСад в инженерной практике при строительстве подземных сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Куликова Е.Ю., Гришин А.В., Мурин К.М. Геомониторинг в городском подземном строительстве. Москва, 2011: 312. Kulikova E.Yu., Grishin A.V., Murin K.M. Geomonitoring in Urban Underground Construction. Moscow, 2011: 312. (In Russ.).
- Баев А.А., Пономарев Д.А. Маркшейдерское обеспечение подземного строительства. Москва, 2009: 256. Baev A.A., Ponomarev D.A. Mine Surveying Support of Underground Construction. Moscow, 2009: 256. (In Russ.).
- Кочетков В.В. Инженерная геодезия при строительстве подземных сооружений. Москва, 2012: 280. Kochetkov V.V. Engineering Geodesy in Underground Construction. Moscow, 2012: 280. (In Russ.).
- Лебедев В.А., Сорокин И.М. Применение навигационных систем при проходке тоннелей ТПМК. Горный журнал. 2017; 9: 56-61. Lebedev V.A., Sorokin I.M. Application of Navigation Systems in TBM Tunneling. Mining magazine. 2017; 9: 56-61. (In Russ.).
- VMT GmbH. Guidance and Navigation Systems for Tunnel Boring Machines. Germany, 2019.
- Herrenknecht AG. Tunnel Boring Technology and Surveying Interfaces. Germany, 2018.
- Кочетков В.В. Геодезическое обеспечение строительства подземных сооружений в условиях городской застройки. Маркшейдерия и недропользование. 2014; 6: 22-27. Kochetkov V.V. Geodetic Support of Underground Construction in Urban Areas. Mine Surveying and Subsurface Use. 2014; 6: 22-27. (In Russ.).
- Шаповалов И.Н. Расчет трасс транспортных сооружений с применением САПР. Санкт-Петербург, 2015: 224. Shapovalov I.N. Alignment Design of Transport Structures Using CAD Systems. Saint Petersburg, 2015: 224. (In Russ.).
- Егоров А.Н. Автоматизация маркшейдерских работ при строительстве метрополитенов. Маркшейдерский вестник. 2018; 4: 37-42. Egorov A.N. Automation of Mine Surveying Works in Metro Construction. Mine Surveyors Bulletin. 2018; 4: 37-42. (In Russ.).
- Суслов А.В. Геодезическое обеспечение тоннелепроходческих работ в условиях городской застройки. Маркшейдерия и недропользование. 2019; 2: 18-23. Suslov A.V. Geodetic Support of Tunneling Works in Urban Areas. Mine Surveying and Subsurface Use. 2019; 2: 18-23. (In Russ.).
- Бочаров С.В., Никитин А.А. Геодезическое сопровождение строительства транспортных тоннелей. Маркшейдерия и недропользование. 2016; 3: 24-29. Bocharov S.V., Nikitin A.A. Geodetic Support of Transport Tunnel Construction. Mine Surveying and Subsurface Use. 2016; 3: 24-29. (In Russ.).
- ТороСад АВ. ТороСад User Manual. Sweden, 2020.
- Guglielmetti V., Grasso P., Mahtab A., Xu S. Mechanized Tunnelling in Urban Areas. London, 2008: 504.
- Peila D., Pelizza S. Monitoring and control techniques in mechanized tunnelling. Tunnelling and Underground Space Technology. 2015; 45: 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2014.09.002>.
- Bickel J.O., Kuesel T.R., King E.H. Tunnel Engineering Handbook. New York, 2004: 600.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир Владимирович Гладчук –

главный маркшейдер, акционерное общество «Трансинжстрой», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: vvgladchuk@mail.ru

Виктор Вячеславович Горозжанкин –

кандидат технических наук, доцент кафедры геологии и маркшейдерского дела, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: gorozhankin.vv@misis.ru

ABOUT THE AUTHORS

Vladimir V. Gladchuk –

Chief Mine Surveyor, Transinzhstroy Joint Stock Company, Moscow, Russian Federation; e-mail: vvgladchuk@mail.ru

Viktor V. Gorozhankin –

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Geology and Mine Surveying, National University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russian Federation; e-mail: gorozhankin.vv@misis.ru

Анастасия Вадимовна Олонцева –

аспирант кафедры геологии и маркшейдерского дела,
Национальный исследовательский технологический
университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация;
e-mail: nastolontseva@mail.ru

Юлия Михайловна Тер-Оганесова –

аспирант кафедры геологии и маркшейдерского дела,
Национальный исследовательский технологический
университет «МИСИС», Москва, Российская Федерация;
e-mail: juter2000@mail.ru

Критерии авторства:

В. В. Гладчук – постановка задачи, руководство
исследованием, анализ результатов; В. В. Горожанкин
– методология исследования, научное редактирование;
А. В. Олонцева, Ю. М. Тер-Оганесова – обработка данных,
подготовка иллюстраций, участие в написании статьи.

Конфликт интересов:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 22.12.2025

Поступила после рецензирования: 27.01.2026

Принята к публикации: 15.02.2026

Anastasia V. Olontseva –

Postgraduate Student, Department of Geology and Mine
Surveying, National University of Science and Technology
MISIS, Moscow, Russian Federation;
e-mail: nastolontseva@mail.ru

Yuliya M. Ter-Oganesova –

Postgraduate Student, Department of Geology and Mine
Surveying, National University of Science and Technology
MISIS, Moscow, Russian Federation;
e-mail: juter2000@mail.ru

Contribution:

V. V. Gladchuk – research concept, supervision, analysis
of results; V. V. Gorozhankin – research methodology,
scientific editing; A. V. Olontseva, Yu. M. Ter-Oganesova –
data processing, preparation of illustrations, participation in
manuscript writing.

Conflict of interest:

The authors declare no conflict of interest.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 22.12.2025

Поступила после рецензирования: 27.01.2026

Принята к публикации: 15.02.2026