

## Картография и ГИС

УДК 528

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-1-90-100>

### **АНАЛИЗ РАСПОЛОЖЕНИЯ СЕТЕЙ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ БАЗОВЫХ (РЕФЕРЕНЦНЫХ) СПУТНИКОВЫХ СТАНЦИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**О.Е. Лазарев, О.С. Лазарева, М.Д. Джиджиков**

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь

В статье рассмотрены сети постоянно действующих базовых (референцных) станций, зоны покрытия которых в RTK-режиме затрагивают территорию Тверской области. Проведён анализ зон покрытия каждой сети на территории Тверской области по построенным с использованием ГИС «Аксиома» картам.

***Ключевые слова:** постоянно действующие базовые станции, референцные станции, RTK, радиус зон покрытия, ГНСС.*

В настоящее время, учитывая темпы развития и внедрения цифровых технологий в различные сферы хозяйственной и производственной деятельности, невозможно обойтись без использования Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Утрата некоторой части пунктов государственной геодезической сети и значительная трудоемкость и стоимость восстановления этих пунктов приводит к поиску более современных и удобных альтернатив, которыми в настоящее время выступают сети постоянно действующих базовых (референцных) станций (ПДБС).

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) (Global Navigation Satellite System – GNSS) представляют из себя спутниковые системы, используемые для определения координат в любой точке земного шара, с применением специальных приёмников [3].

К основным преимуществам использования ГНСС можно отнести следующие:

- а) отсутствие требования прямой видимости между пунктами;
- б) ошибки наблюдателей при использовании ГНСС сведены к минимуму;
- в) нет зависимости от времени суток и погодных условий;
- г) скорость проведения работ;
- д) возможность экспорта результатов съёмок в ГИС [3].

© Лазарев О.Е.,

Лазарева О.С.,

Джиджиков М.Д., 2023

К основным ГНСС в настоящее время можно отнести: Global Positioning System (GPS) – США; ГЛОНАСС – Российская Федерация; BeiDou Navigation Satellite System (BeiDou, BDS) – КНР; ГАЛИЛЕО – Европейский союз; Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS) – Индия; QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) – Япония [2].

Вступление в силу Федерального Закона № 431-ФЗ от 30.12.2019 «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» позволило создавать и официально регистрировать сети спутниковых референчных станций, передавая координаты станций в Росреестр [9]. Это говорит о том, что государство заинтересовано во внедрении и развитии такого рода технологий, которые используются, в том числе, при проведении кадастровых работ.

Развитие сети базовых станций позволило использовать ГНСС оборудование как один из популярных способов измерений в геодезических работах. Существует несколько режимов работы с ГНСС оборудованием:

1. *Режим постобработки*, включает в себя статику (PP), метод «STOP&GO», кинематику (PPK). Измерения сначала собираются в полевых условиях, затем передаются для камеральной обработки исполнителю. Работа осуществляется минимум двумя приёмниками (все приемники работают автономно), базовый приемник стоит на точке с известными координатами, ровер-приемник (подвижный приемник, принимающий корректирующие данные от базового приемника) – на точке с искомыми координатами [6]. При использовании метода «STOP&GO» – базовый приемник стоит на точке с известными координатами, ровер-приемник оставляют над каждой снимаемой точкой на определенное время, с дальнейшим перемещением [16]. При использовании режима «PPK» траектория движения ровер-приемника определяется в постобработке [6].

2. *Режим работы в реальном времени: RTK*. Режим RTK – метод съемки, при котором мобильный приемник практически мгновенно определяет координаты с сантиметровой точностью. При работе измерения передаются с базового приемника на ровер-приемник (при условии существования надежного канала связи между приемниками). Весь процесс проходит в режиме реального времени.

В настоящее время происходит развитие инфраструктуры ПДБС в России. ПДБС устанавливаются стационарно и работают 24 часа в сутки, обеспечивая в зоне своего покрытия неограниченное число приемников.

При объединении нескольких базовых станций в единую сеть управление ими осуществляется из единого центра, данные получаемые

со всех приемников обрабатываются совместно. Работа от сети ПДБС может осуществляться двумя способами:

1. *Работа от ближайшей станции сети.* Приемник подключается к ближайшей станции, по мере удаления от станции ухудшается точность, возможны несоответствия в координатах, ввиду переключения приемника между станциями [10].

2. *Виртуальная базовая станция.* Сервер формирует виртуальную базовую станцию в непосредственной близости от приемника пользователя, виртуальная базовая станция позволяет получить равную точность на всей территории сети [10].

Самым важным преимуществом сети является создание единого координатно-временного пространства на территории целых регионов [10].

На территории Тверской области располагаются 8 сетей постоянно действующих базовых станций. По данным с официальных сайтов каждого из операторов базовых станций [4, 5, 7, 8, 12–15], в ГИС «Аксиома» были построены карты, на которых отражены зоны покрытия территории в RTK-режиме сети постоянных базовых референчных станций (рис. 1–8). При построении карты за радиус действия каждой станции всех сетей было взято расстояние 50 километров. Именно это расстояние является предельным, так как при увеличении этого расстояния могут появляться слишком большие погрешности или ожидание результата может занять длительный срок [11].

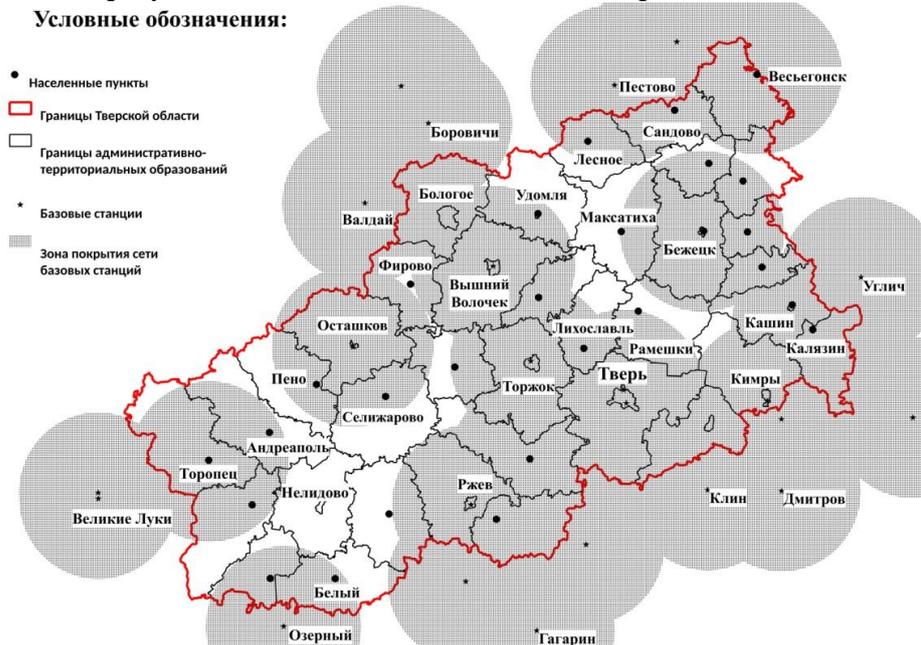


Рис.1. Сеть базовых референчных станций «CORS» [15]

**Условные обозначения:**

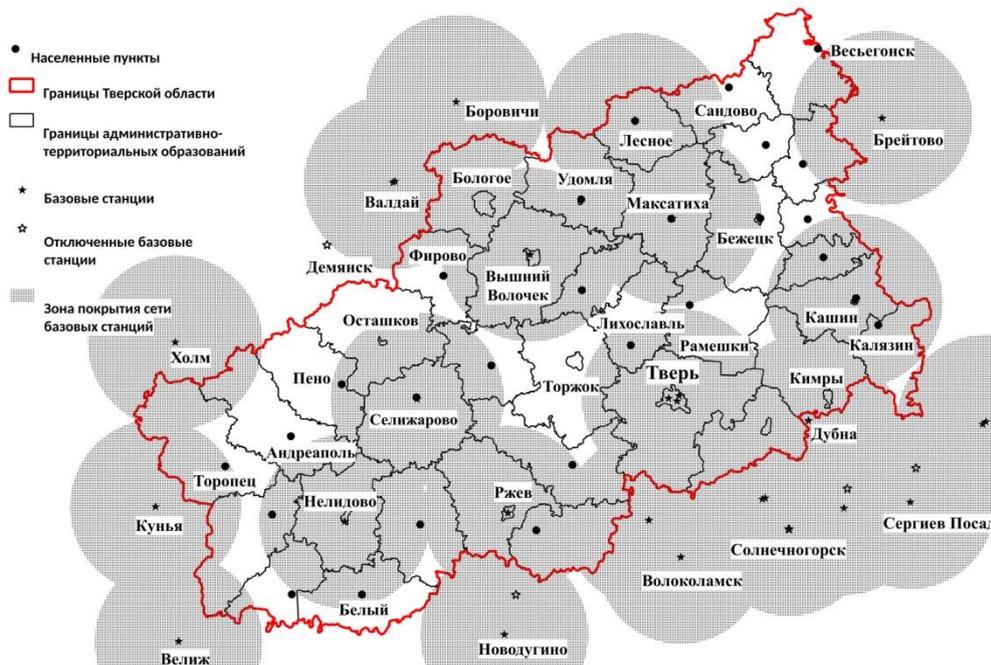


Рис. 2. Сеть базовых референчных станций «NIVE» [4]

**Условные обозначения:**

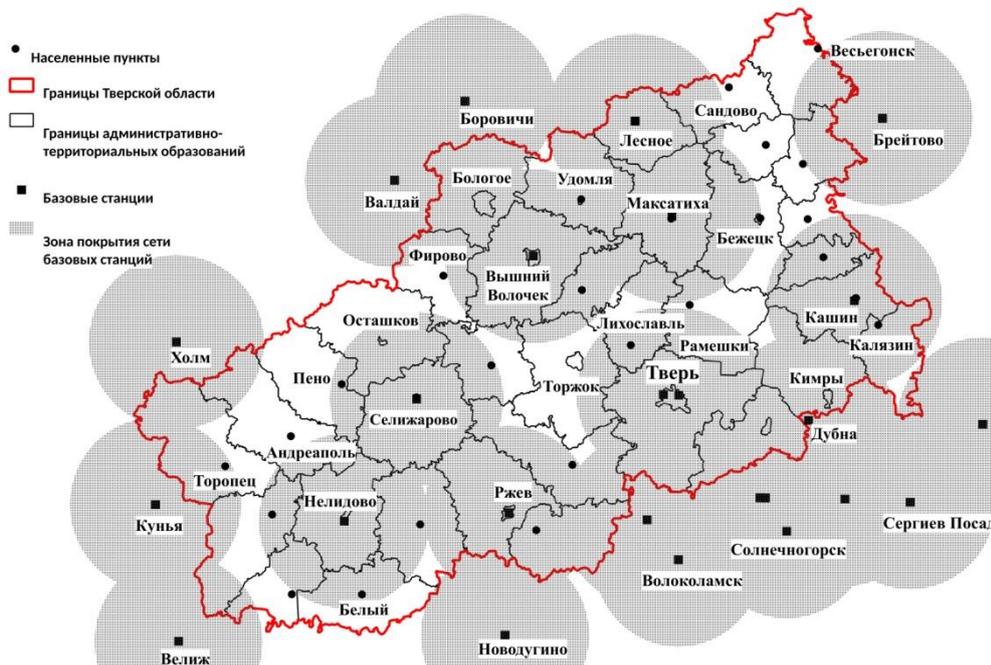


Рис. 3. Сеть базовых референчных станций «RTKNet» [8]



Рис. 4. Сеть базовых референчных станций «SmartNet» [7]



Рис. 5. Сеть базовых референчных станций «TopNET» [5]

**Условные обозначения:**

- Населенные пункты
- ▭ Границы Тверской области
- ▭ Границы административно-территориальных образований
- ▼ Базовые станции
- ▽ Отключенные базовые станции
- Зона покрытия сети базовых станций



Рис. 6. Сеть базовых референсных станций «ГЕОСПАЙДЕР» [14]

**Условные обозначения:**

- Населенные пункты
- ▭ Границы Тверской области
- ▭ Границы административно-территориальных образований
- ◆ Базовые станции
- ◇ Отключенные базовые станции
- Зона покрытия сети базовых станций

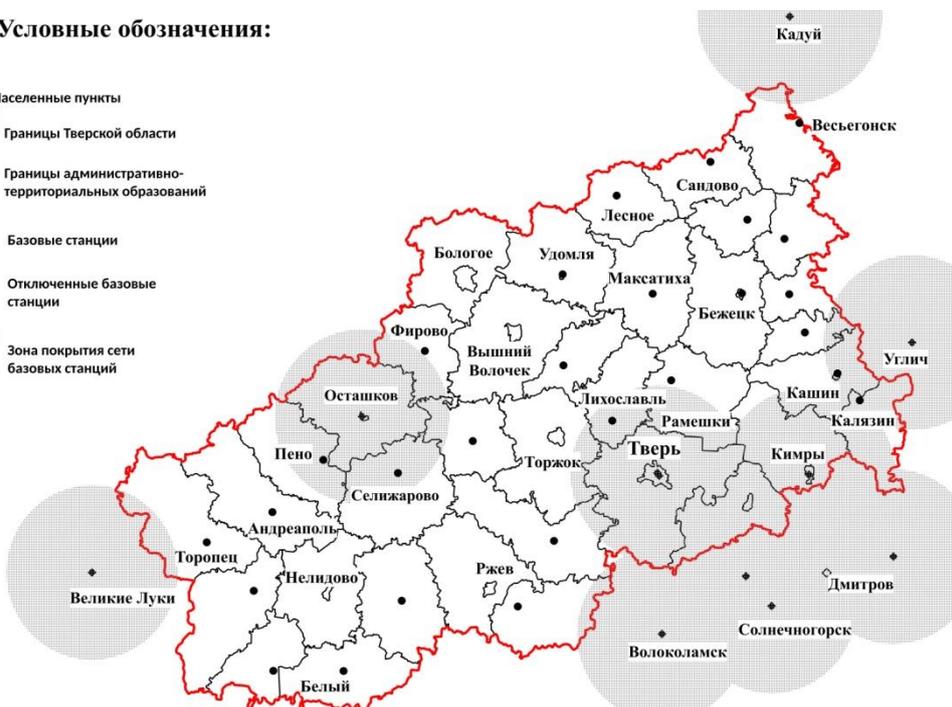


Рис. 7. Сеть базовых референсных станций «PrinNet» [12]

**Условные обозначения:**



Рис. 8. Сеть базовых референционных станций «ССТП» [13]

В табл. 1 представлено количество постоянно действующих базовых (референционных) станций как непосредственно находящихся в пределах Тверской области, так и расположенных по ее периметру, а также приведен процент покрытия территории области данными от базовых станций в режиме RTK.

Таблица 1

Количество ПДБС, охватывающих в режиме RTK территорию Тверской области

Название сети ПДБС	Количество станций, затрагивающих Тверскую область	Количество станций в Тверской области	Покрытие территории Тверской области данными в режиме RTK, %
CORS	28	12	78,50
HIVE	33	10	76,99
RTKNet	25	9	77,38
SmartNet	11	3	16,40
TopNET	11	4	31,57
ГЕОСПАЙДЕР	21	6	41,87
PrinNet	12	4	26,55
ССТП	9	2	21,87

Кроме этого, до недавнего времени на территории Российской Федерации действовала сеть постоянно действующих базовых (референцных) станций компании Руснавгеосеть (учредителем которой являлась компания Trimble), но в связи с изменившейся ситуацией в стране и в мире она прекратила своё существование.

В настоящее время по сравнению с полученными результатами исследования, проведенного в 2018 году [1], у CORS на территории Тверской области появились станции в г. Торопце и г. Старице, у NIVE и RTKNet – в г. Нелидово, пгт Селижарово, с. Лесное, пгт Максатиха, у SmartNet – в г. Калязин была отключена станция, у TopNET появилась станция в г. Ржев. На основе полученного сравнения можно сделать вывод, что сети постоянно действующих базовых (референцных) станций с 2018 года по настоящее время развиваются.

Сети ПДБС, действующие на территории Тверской области, возможно классифицировать по степени покрытия территории данными с ПДБС в режиме РТК. Так, сети EFT-CORS, NIVE, RTKNet имеют площадь покрытия более 70 %, что позволяет говорить о высокой степени покрытия. Сети ГЕОСПАЙДЕР, TopNET покрывают менее половины территории области, что говорит о средней степени покрытия. Каждая из сетей PrinNet, ССТП, SmartNet покрывает менее 30 % территории, что позволяет отнести эти сети к группе с низкой степенью покрытия (рис. 9).

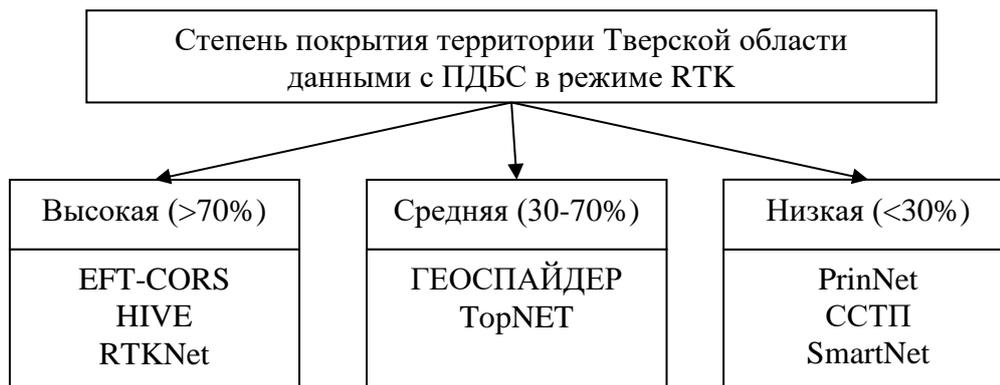


Рис. 9. Классификация сетей ПДБС по степени покрытия территории Тверской области данными с ПДБС в режиме РТК

**Условные обозначения:**



Рис. 10. Части территории Тверской области, не обеспечивающиеся данными с ПДБС в режиме РТК с надлежащей точностью

Анализируя полученную в ходе исследования информацию, рассмотрим территорию (рис. 10), которую не покрывают сети ПДБС в режиме РТК, в настоящее время она составляет всего 2,4% от общей площади Тверской области. К этой территории относятся часть Рамешковского района и незначительная северо-западная часть Кимрского городского округа, незначительные части Кувшиновского и Фировского районов и Вышневолоцкого городского округа, части Пенковского муниципального округа и Андреапольского муниципального округа, части Западнодвинского муниципального округа, Бельского района, Оленинского муниципального округа, а также незначительную часть Жарковского района (рис. 10). Таким образом, можно сделать вывод о том, что проблема с количеством ПДБС, охватывающих своим покрытием территорию Тверской области для работы в режиме РТК в настоящее время почти решена.

Использование сетей ПДБС позволяет вычислять положение ровер-приемника с геодезической точностью и, кроме применения в кадастровой деятельности, в настоящее время находит свое применение при проведении инженерных изысканий, при выполнении топографической съёмки, сборе информации при создании и ведении ГИС, в качестве геодезической основы и в прикладных работах в

строительстве, при проведении геотехнического мониторинга, при высокоточной навигации.

### Список литературы

1. Венчакова В.В., Лебедев Д.С., Лазарев О.Е. Сети спутниковых постоянно действующих референсных станций в Тверской области // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и Геоэкология. 2018. № 2. С. 112–120.
2. Куприянов А.О. Глобальные навигационные спутниковые системы: Учебное пособие. М.: МИИГАиК, 2017. 76 с.
3. Автоматизированный справочник по геодезическому оборудованию // Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет - URL: [https://nngasu.ru/geodesy/classification/chastnye-klassifikatsii/10\\_GNSS.php?utm\\_source=yandex.ru&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=yandex.ru&utm\\_referrer=yandex.ru](https://nngasu.ru/geodesy/classification/chastnye-klassifikatsii/10_GNSS.php?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru) (дата обращения: 30.10.2022).
4. Большая интерактивная карта // HIVE. URL: <https://hive.geosystems.aero/map> (дата обращения: 12.11.2022).
5. Зона покрытия сети // TopNET. Сеть постоянно действующих дифференциальных станций. URL: <https://topnet.gsi.ru/project.php#map> (дата обращения: 12.11.2022).
6. Как достичь высокой точности в геодезии? Работа в режиме RTK // АО «ПРИН» Геодезическое оборудование. URL: [https://www.prin.ru/blog/kak\\_dostich\\_vysokoj\\_tochnosti\\_v\\_geodezii\\_rabota\\_v\\_r\\_ezhime\\_rtk/](https://www.prin.ru/blog/kak_dostich_vysokoj_tochnosti_v_geodezii_rabota_v_r_ezhime_rtk/) (дата обращения: 30.10.2022).
7. Карта покрытия Hexagon SmartNet // SmartNet – Сеть референсных базовых станций, RTK поправки и RINEX файлы для постобработки. URL: [https://ntrip.smartnetrtk.ru/spiderweb/map\\_cover2.html](https://ntrip.smartnetrtk.ru/spiderweb/map_cover2.html) (дата обращения: 12.11.2022).
8. Карта – RTKNet // RTKNet – Сеть базовых станций RTK. URL: <https://rtknet.ru/map/> (дата обращения: 12.11.2022).
9. Обзор существующих сетей базовых референц-станций // Лига геодезистов. URL: <https://geo-liga.ru/gnss-refst-review/> (дата обращения: 30.10.2022).
10. Описание технологии // «Геостройизыскания» – геодезическое оборудование. URL: <https://www.gsi.ru/art.php?id=325> (дата обращения: 12.11.2022).
11. Ответы на наиболее часто задаваемые вопросы // АО «ПРИН» Геодезическое оборудование. URL: [https://www.prin.ru/blog/otvety\\_na\\_naibolee\\_chasto\\_zadavaemye\\_voprosy/#3.1](https://www.prin.ru/blog/otvety_na_naibolee_chasto_zadavaemye_voprosy/#3.1) (дата обращения: 12.11.2022).
12. Сеть базовых станций PrinNet // АО «ПРИН» Геодезическое оборудование. URL: [https://www.prin.ru/seti\\_referencnyh\\_stancij/prinnet/](https://www.prin.ru/seti_referencnyh_stancij/prinnet/) (дата обращения: 12.11.2022).
13. ССТП карта покрытия // Спутниковая Системы Точного Позиционирования. URL: <https://gnss.рф/maps> (дата обращения: 12.11.2022).

14. Уникальная спутниковая сеть дифференциальных (базовых/опорных/референчных) геодезических станций «ГЕОСПАЙДЕР»!  
URL: <http://geospider.ru> (дата обращения: 12.11.2022).
15. CORS сеть базовых станций. URL: <https://eft-cors.ru> (дата обращения: 12.11.2022).
16. GNSS-оборудование: виды и режимы работы // Все про GPS блог о спутниковом слежении. URL: <https://gpscool.ru/sistemy-gps-slezheniya/gnss-oborudovanie-vidy-i-rezhimy-raboty> (дата обращения: 1.11.2022).

*Об авторах:*

ЛАЗАРЕВ Олег Евгеньевич – старший преподаватель, заведующий лабораторией кафедры геодезии и кадастра. ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет» (170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22, e-mail: [Lazarev\\_tvgu@mail.ru](mailto:Lazarev_tvgu@mail.ru)), ORCID: 0000-0003-2417-9706, SPIN-код: 3054-4896.

ЛАЗАРЕВА Оксана Сергеевна – к.э.н., доцент кафедры геодезии и кадастра. ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет» (170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22, e-mail: [Lazos\\_tvgu@mail.ru](mailto:Lazos_tvgu@mail.ru)), ORCID: 0000-0001-7512-2609, SPIN-код: 4514-1787.

ДЖИДЖИКОВ Михаил Джангарович – студент 3 курса кафедры геодезии и кадастра. ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет» (170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22, e-mail: [dgangir46@gmail.com](mailto:dgangir46@gmail.com)), ORCID: 0000-0002-3610-3170, SPIN-код: 1079-9958.

**ANALYSIS OF THE LOCATION OF SATELLITE NETWORKS  
OF PERMANENT BASIC (REFERENCE) STATIONS ON THE  
TERRITORY OF THE TVER REGION**

**O.E. Lazarev, O.S. Lazareva, M.D. Dzhidzhikov**

Tver State Technical University, Tver, Russia

The article considers the networks of permanent base (reference) stations, the coverage areas of which in RTK mode affect the territory of the Tver region. The analysis of the coverage areas of each network on the territory of the Tver region based on maps constructed using GIS "Axiom" was carried out.

**Keywords:** *permanent base stations, reference stations, RTK, radius of coverage zones, GNSS.*

Рукопись поступила в редакцию 02.02.2023

Рукопись принята к печати 10.02.2023