УДК 528.41:625.711

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕЙ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ РЕФЕРЕНЦНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Инженер **А.О. Кузнецов**
(ГКУ ЦОДД),
инженер **Е.А. Любимов**
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)
Конт. информация: a.o.kuznetsov@gmail.com;
lyubimov@rosdornii.ru

В статье представлены результаты анализа покрытия сетями постоянно действующих референцных (базовых) станций автомобильных дорог общего пользования федерального и регионального значения. Определены подходы к обеспечению единого координатного пространства для создания цифровой модели автомобильных дорог общего пользования федерального и регионального значения.

Ключевые слова: *автомобильные дороги, цифровая модель, базовые станции, геодезические сети, системы координат, дифференциальные измерения.*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все более актуальным становится создание цифровой модели не отдельных участков автомобильных дорог в рамках решения локальных задач (как правило, проектно-изыскательских), а выполнение системной работы по сбору пространственных данных, формированию и обновлению цифровой модели сети автомобильных дорог.

Так, планом мероприятий по реализации федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» **[1]** предусмотрено создание цифровой модели автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального значения. Кроме того, с 1 января 2021 г. подготовка проектной документации в отношении объектов транспортной инфраструктуры, в том числе автомобильных дорог, осуществляется с использованием технологии информационного моделирования **[2]**.

По состоянию на конец 2019 г. протяженность автомобильных дорог общего пользования федерального значения составляет более

57 тыс. км (**рис. 1**), а сеть автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения имеет протяженность более 508 тыс. км **[3]**.

Рис. 1. Автомобильные дороги общего пользования федерального значения

Принимая во внимание размер территории, особенности географического положения и институционального устройства Российской Федерации, важным направлением в сфере дорожного строительства, с учетом цифровой трансформации отраслей экономики, является создание единого координатного пространства. Кроме того, обеспечение единого координатного пространства также необходимо для последующего полноценного использования цифровой модели на различных этапах жизненного цикла автомобильных дорог, систематизации и обновления данных, где еще одним аспектом создания цифровой модели автомобильных дорог будет являться формирование топологии сети, а также увязка пространственных и линейных данных. При этом цифровая модель может выступать в качестве основы формирования информационных моделей. Данные гипотезы требуют детальной проработки в рамках отдельных исследовательских работ.

Необходимо также учитывать, что сбор пространственных данных может осуществляться как традиционными методами с использованием геодезических приборов, так и дорожными лабораториями, беспилотными летательными аппаратами и другими высокопроизводительными методами. С учетом задач, стоящих перед дорожным хозяйством, а

также принимая во внимание повышение автоматизации и производительности проведения полевых работ, одним из наиболее перспективных методов сбора пространственных данных является мобильное лазерное сканирование.

Вычисление траектории движения мобильной сканирующей системы основано на относительном методе спутниковых наблюдений, когда приемник инерциально-навигационного модуля системы записывает данные в процессе движения, а второй (базовый) приемник находится на пункте с известными координатами. С учетом принципа работы мобильных лазерных систем от выбора исходной геодезической основы и ее качества будет зависеть и качество получаемых данных.

Геодезические сети Российской Федерации

В настоящее время система государственного геодезического обеспечения территории Российской Федерации подразделяется на государственную геодезическую сеть, государственную нивелирную сеть и государственную гравиметрическую сеть.

Государственная гравиметрическая сеть является основой для выполнения гравиметрических исследований с целью изучения гравитационного поля и фигуры Земли.

Государственная нивелирная сеть Российской Федерации в зависимости от точности разделяется на нивелирные сети I, II, III и IV классов и обеспечивает распространение единой системы высот на территории всей страны. В качестве государственной системы высот используется Балтийская система высот 1977 г., отсчет нормальных высот которой ведется от нуля Кронштадтского футштока **[4]**.

Государственная геодезическая сеть (далее – ГГС) предназначена для установления и распространения единой государственной системы геодезических координат на всей территории страны. С 1 января 2021 г. при осуществлении геодезических и картографических работ должна использоваться геодезическая система координат 2011 г. (ГСК-2011) **[4]**. Кроме этого, для целей обеспечения проведения геодезических и картографических работ при осуществлении градостроительной и кадастровой деятельности, землеустройства, недропользования, иной деятельности в отношении ограниченной территории, не превышающей территорию субъекта Российской Федерации, могут устанавливаться местные системы координат **[5]**.

Государственная геодезическая сеть представлена как совокупностью геодезических пунктов, расположенных равномерно по всей территории и закрепленных на местности, так и пунктами с постоянно действующими наземными станциями спутникового автономного определения

координат на основе использования спутниковых навигационных систем.

Государственная геодезическая сеть формируется по принципу перехода от общего к частному и включает в себя **[6]**:

- фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС);
- высокоточную геодезическую сеть (ВГС);
- спутниковую геодезическую сеть 1 класса (СГС-1);
- существующие сети триангуляции и полигонометрии 1-4 классов.

Геодезические сети можно разделить на активные и пассивные наземные сети. В пассивных геодезических сетях пункты выполняют лишь функцию физических носителей координат, а пункты активных сетей оснащаются автоматическим измерительным оборудованием **[7]**.

Из пассивных сетей целесообразно выделить ведомственную опорную геодезическую сеть (ВОГС), развернутую для обеспечения единого координатного пространства для объектов Государственной компании «Российские автомобильные дороги». К преимуществам данной сети можно отнести привязку к общемировой системе ITRF2008, государственной системе координат ГСК-2011, а также местным системам координат, что обеспечивает возможность осуществления перехода на локальных участках из одной системы в другую **[8]**. Государственная компания «Российские автомобильные дороги» проводит планомерную работу по созданию ведомственной геодезической сети на автомобильных дорогах М-1 «Беларусь», М-3 «Украина», М-4 «Дон», М-11 «Нева» (Москва – Санкт-Петербург), А-113 Центральная кольцевая автомобильная дорога (ЦКАД).

Вместе с этим отсутствие активных пунктов в сети, обеспечивающих непрерывный доступ к данным за любой промежуток времени, требует обязательной установки базовых станций на пунктах в период проведения работ, что повышает трудоемкость и увеличивает затраты на проведение таких работ.

Примерами активных сетей являются ФАГС, а также сети постоянно действующих базовых станций (ПДБС). ФАГС включает в себя 70 пунктов (**рис. 2**) и обеспечивает высший уровень точности общеземной геоцентрической координатной системы на территории Российской Федерации. Среднее расстояние между пунктами – 800-1000 км. Ошибки определения координат пунктов относительно центра масс Земли не превышают 15 см, а ошибки взаимного положения не превышают 3 см.

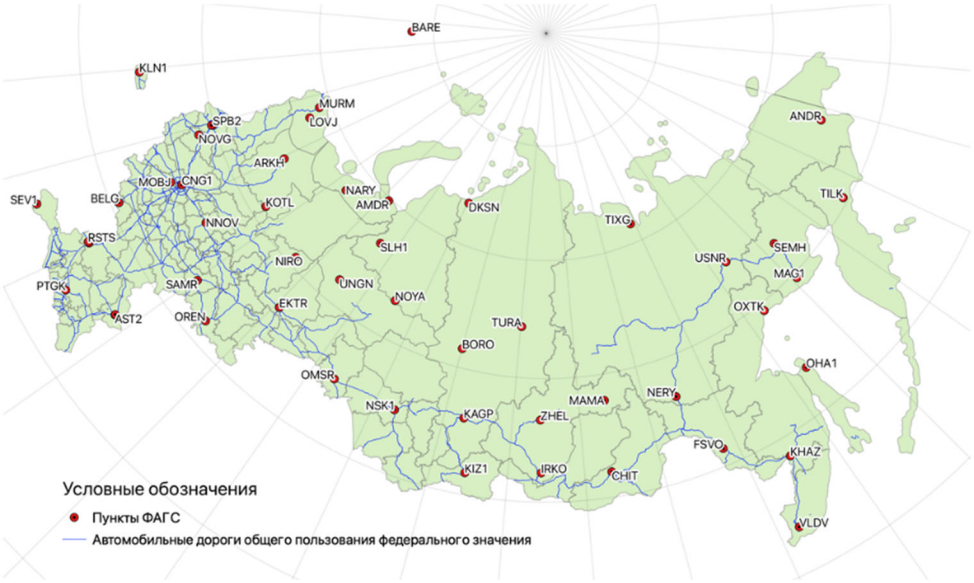

Рис. 2. Сеть пунктов ФАГС

Развернутые на территории Российской Федерации сети ПДБС насчитывают более 4000 станций **[6]**. Первая сеть ПДБС, состоящая из 23 базовых станций, была развернута в 2004 г. на территории Москвы и Московской области по заказу ФГУП «Госземкадастрсъемка» – ВИСХАГИ и получила название «Спутниковая система межевания земель (ССМЗ) города Москвы и Московской области (проект «Москва»)» **[9]**.

Учитывая задачи, связанные с формированием цифровой модели автомобильных дорог федерального и регионального значения на всей территории Российской Федерации и обеспечения единства данных, получаемых в результате мобильного лазерного сканирования, целесообразнее всего использовать активные сети ПДБС.

Однако следует отметить, что в настоящее время отсутствует отраслевая нормативно-техническая документация, регламентирующая работы по обеспечению единого координатного пространства распределенных данных об автомобильных дорогах в целом и для создания цифровой модели автомобильных дорог в частности.

Необходима как разработка методики выполнения работ, так и оценка возможности использования сетей ПДБС для обеспечения единого координатного пространства.

Анализ покрытия автомобильных дорог общего пользования федерального значения сетями ПДБС

Для оценки возможности использования сетей ПДБС в целях обеспечения единого координатного пространства для создания цифровой модели автомобильных дорог выполнен анализ покрытия автомобильных дорог общего пользования федерального значения такими сетями. Проанализированы наиболее популярные коммерческие и муниципальные сети, информация о которых размещена в открытых источниках в сети Интернет.

Сети ПДБС, в свою очередь, можно разделить на федеральные (**табл. 1**), покрывающие несколько регионов или большую часть территории Российской Федерации, и региональные (**табл. 2**), покрывающие один-два региона. Количество станций и регионов покрытия в таблицах приведено по состоянию на октябрь 2020 г.

Таблица 1

Федеральные сети ПДБС

Название сети ПДБС	*Кол-во субъектов*	*Кол-во действующих станций*	*Покрытие федеральных дорог, %*
TopNETlive-Россия	61	207	33 %
SmartNet	62	301	42 %
Постоянно действующие станции ООО «УГТ-Холдинг»	27	75	13 %
EFT-CORS	79	449	58 %
PrinNet	66	270	33 %
Спутниковая система точного позиционирования АО «Ростехинвентаризация-Федеральное БТИ»	43	161	30 %
RTKNet	75	310	42 %
Система HIVE*	75	456	48 %
ИТОГО (без учета системы HIVE):		**1773**	

* *Система HIVE объединяет сети различных федеральных и региональных операторов, частных лиц и предоставляет единый доступ к данным.*

Таблица 2

Региональные сети ПДБС

Название	*Кол-во действующих станций*	*Субъекты РФ*
ГЕОСПАЙДЕР	83	Санкт-Петербург; Ленинградская, Новгородская, Мурманская, Вологодская, Псковская, Московская, Иркутская области; Республика Карелия
СНГО Москвы	21	Москва; Московская, Калужская области
СТП МОБТИ	15	Московская область
СВП-Р Воронежской области	5	Воронежская область
Межрегиональная Юго-Западная СВП	11	Курская, Орловская, Брянская, Белгородская, Воронежская области
Салгир	15	Республика Крым; Севастополь
Ленинградская область – Свирь	24	Ленинградская область; Санкт-Петербург
Сеть РС СПб	10	Санкт-Петербург
СВТП Липецкой области	9	Липецкая область
Республика Башкортостан – Курай	24	Республика Башкортостан
СОМС Кировской области (Вятка)	8	Кировская область
Тверь	15	Тверская область
Сеть опорная базисная активная «Тюмень»	25	Тюменская область
Сеть спутниковых референцных станций системы ГЛОНАСС/GPS на территории Красноярского края	23	Красноярский край
ССТП ГБУ «ЦТИ ПК»	12	Пермский край

Название	*Кол-во действующих станций*	*Субъекты РФ*
TmskNet	3	Томская область (г. Томск)
Окружная СВТП Ямало-Ненецкого АО	15	Ямало-Ненецкий АО
РС КВГО	5	Калужская область
СВТП Чувашской Республики	7	Республика Чувашия
СВТП ХМАО-Югры	20	Ханты-Мансийский АО – Югра
NETRTK	15	Тульская; Нижегородская области
СВСП Ярославской области	3	Ярославская область
СВТП Вологодской области	15	Вологодская область
Сеть постоянно действующих геодезических базовых станций Поволжья	16	Волгоградская, Астраханская, Саратовская области; Республика Калмыкия
Сеть стационарных GPS-станций компании «Геотехнологии»	5	Амурская, Иркутская, Сахалинская области; Приморский и Хабаровский края
Собственная сеть базовых станций Полеос	4	Челябинская область; Республика Башкортостан
ССДС Новосибирской области	31	Новосибирская область
Сеть спутниковых референцных станций Республики Бурятия	19	Республика Бурятия
СОМС Владимирской области	8	Владимирская область
ССДС Сети Волга	10	Самарская, Пензенская, Ульяновская области; Республики Татарстан, Чувашия
ИТОГО:	**476**	

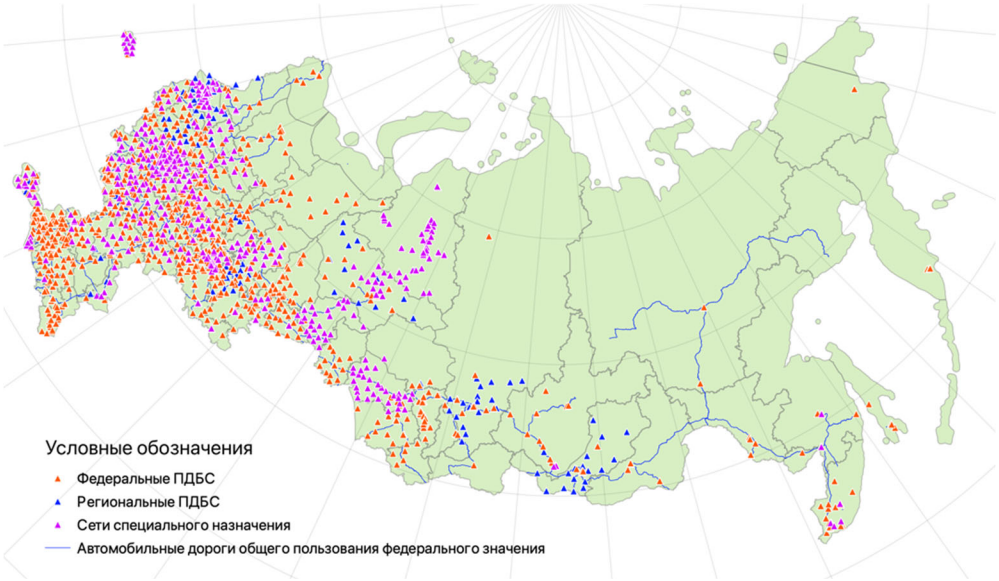

Рис. 3. Расположение станций сетей ПДБС

На **рис. 3** приведено расположение станций сетей ПДБС. Семь сетей ПДБС в своем составе имеют более 1700 станций, 30 региональных сетей – более 470 станций, а система HIVE в свою очередь объединяет более 450 станций.

Отдельно следует выделить геодезические сети специального назначения, отчеты о создании которых (открытого пользования) помещены в федеральный фонд пространственных данных **[10]**. Такие сети активно развиваются и используются не только региональными органами исполнительной власти и коммерческими компаниями, но и добывающими нефтегазовыми компаниями при обустройстве месторождений, тем самым обеспечивая покрытие отдаленных и малонаселенных районов.

К несомненным преимуществам использования региональных сетей ПДБС можно отнести то, что практически все сети сертифицированы (внесены в реестр средств измерений, или отчеты о создании таких сетей помещены в федеральный фонд пространственных данных), а сами сети спроектированы с учетом максимального покрытия территории конкретного региона.

С учетом большой протяженности и расположения автомобильных дорог общего пользования федерального и регионального значения для выполнения работ в рамках создания цифровой модели при использовании региональных сетей ПДБС необходимо заключать договор на

предоставление услуг сразу с несколькими операторами, что может привести к дополнительным расходам, усложнить организационные процедуры и увеличить объем документооборота. Кроме того, при использовании обособленных сетей ПДБС, несмотря на их сертификацию, необходимо убедиться в возможности объединения данных с требуемой точностью на границах таких сетей.

Наибольший интерес для работ в масштабах всей страны представляют федеральные сети ПДБС. Анализ покрытия автомобильных дорог общего пользования федерального значения сетями ПДБС выполнен в бесплатной кроссплатформенной геоинформационной системе (ГИС) QGis (**рис. 4**) с применением алгоритмов геопространственного анализа.

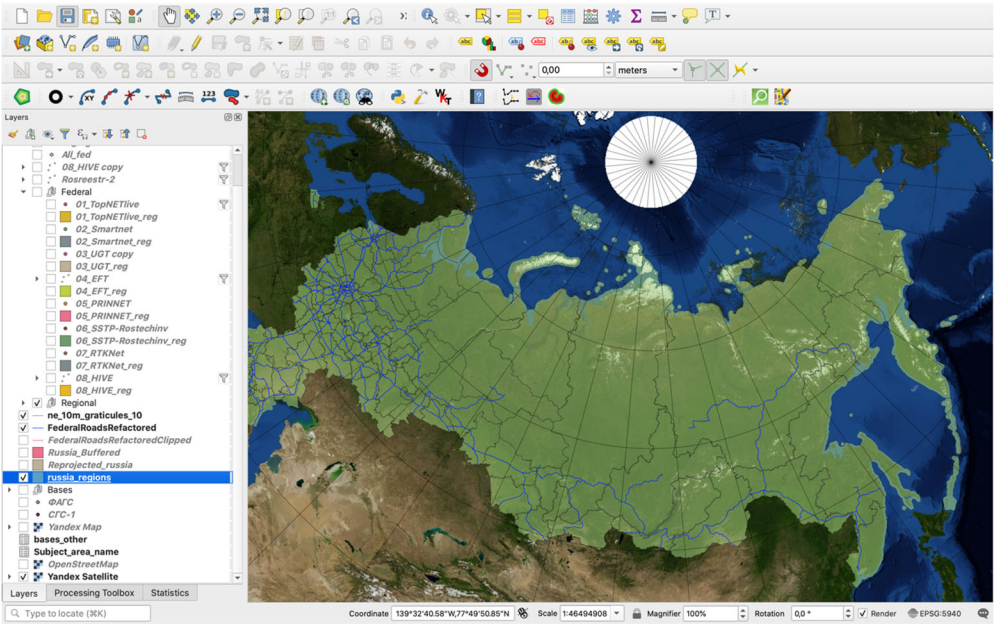

Рис. 4. Интерфейс геоинформационной системы QGis

В ГИС было загружено местоположение базовых станций сетей ПДСБ в виде точечных объектов, сеть автомобильных дорог общего пользования федерального значения, а также границы субъектов Российской Федерации.

Для выполнения инженерно-геодезических и кадастровых работ необходимо учитывать требования к точности определения координат и высот объектов. В традиционных спутниковых измерениях точность определения координат уменьшается с увеличением длины вектора. Таким образом, для каждой базовой станции область покрытия была ограничена радиусом 50 км, после чего с разбивкой по регионам выполнялся

подсчет протяженности автомобильных дорог общего пользования федерального значения, попадающих в область покрытия. В **табл. 1** также приведена доля автомобильных дорог, обеспеченных сетями ПДБС.

На **рис. 5** приведена область покрытия для всех проанализированных сетей ПДБС радиусом 50 км. Центральная часть Российской Федерации практически полностью обеспечена станциями сетей ПДБС, однако при приближении к Уралу плотность сетей становится ниже, а в Сибири и на Дальнем Востоке имеются только отдельные станции.

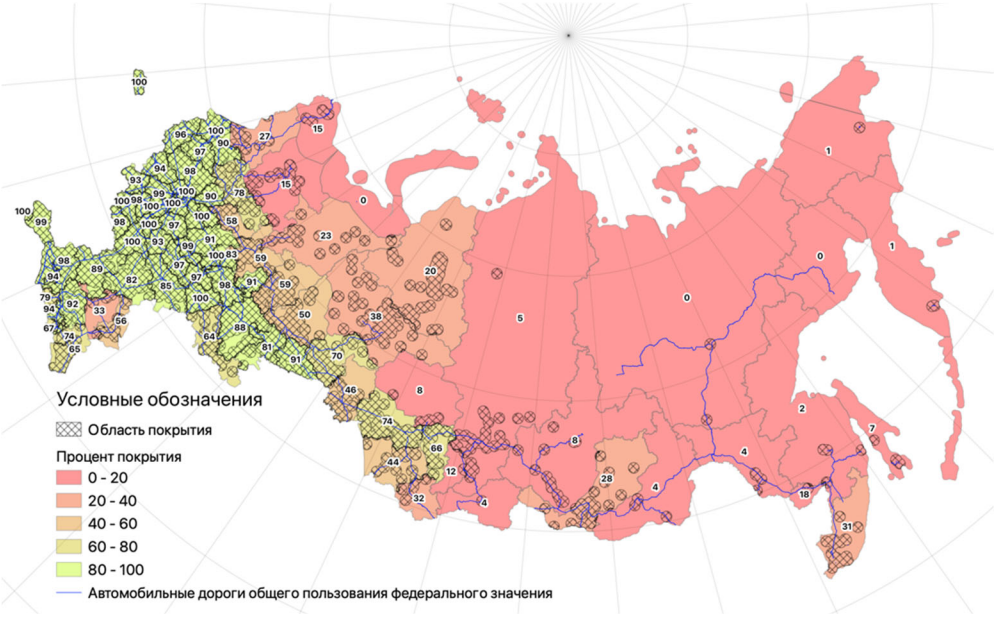

Рис. 5. Область покрытия проанализированных сетей ПДБС

В разрезе регионов можно отметить, что часть регионов на 100 % обеспечена покрытием различных сетей, что позволяет беспрепятственно выполнять работы по созданию цифровой модели автомобильных дорог. Тем не менее больше половины территории Российской Федерации не обеспечено сетями ПДБС, что требует поиска технологий, обеспечивающих единое координатное пространство в независимости от методики сбора пространственных данных.

Подходы к обеспечению единого координатного пространства для создания цифровой модели автомобильных дорог

При проведении работ по сбору пространственных данных и последующей их обработке программным обеспечением могут использоваться различные системы координат. Таким образом, важным является не только обеспечение покрытия территории Российской Федерации сетями ПДБС, но и увязка всех станций между собой, их привязка к различным системам координат и обеспечение возможности перехода из одной системы координат в другую.

Для вычисления траектории движения и вывода облаков точек могут использоваться системы координат ITRF-2000, ITRF-2008, ITRF-2014, WGS-84, ГСК-2011 и другие.

В целях обеспечения единого координатного пространства для создания цифровой модели автомобильных дорог предложена методика привязки данных, позволяющая с необходимой точностью выполнять работы на всей территории Российской Федерации.

В качестве исходных принимаются пункты в международной земной системе отсчета ITRF-2014, учитывающей тектонические движения плит земной коры. Для вычисления координат с высокой точностью необходимо знать не только координаты исходных пунктов, но и скорость их смещения. Вычисления приводятся на определенный момент времени, называемый эпохой. В настоящее время базовой для ITRF-2014 является эпоха 2010.0.

Для связи с системой координат ГСК-2011 выполняется совместное уравнивание пунктов International GNSS Service (IGS), обеспечивающих реализацию ITRF-2014, и пунктов ФАГС, обеспечивающих реализацию ГСК-2011, а полученные координаты сверяются со значениями, представленными в каталогах **[11, 12]**.

Преобразование пространственных прямоугольных координат из системы координат А в систему координат Б выполняют по формуле **(1)** **[13]**:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{Б} = (1+m)\begin{pmatrix} 1 & +\omega_Z & -\omega_Y \\ -\omega_Z & 1 & +\omega_X \\ +\omega_Y & -\omega_X & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{A} + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}, \quad \textbf{(1)}$$

где

Δ_X, Δ_Y, Δ_Z – линейные параметры трансформирования при переходе из системы *А* в систему *Б*, м;

ω_X, ω_Y, ω_Z – угловые параметры трансформирования при переходе из системы *А* в систему *Б*, рад;

m – масштабный параметр трансформирования при переходе из системы *А* в систему *Б*.

В ГОСТ 32453-2017 **[13]** также представлены параметры трансформирования, позволяющие выполнять пересчет из одной системы координат в другую. Дополнительный контроль и поиск грубых ошибок может осуществляться с использованием сервиса постобработки Trimble Centerpoint RTX **[14]**.

После выполнения всех необходимых проверок выполняется привязка базовых станций сетей ПДБС и совместное уравнивание. Определяется базовая система координат на конкретную эпоху. По результатам совместного уравнивания формируется каталог координат и высот базовых станций сетей ПДБС, по которому в последующем выполняется вычисление траектории движения дорожной лаборатории.

Работы по сбору пространственных данных для создания цифровой модели автомобильных дорог общего пользования федерального и регионального значения в случае отсутствия покрытия сетями ПДБС должны выполняться от временных базовых станций, размещенных в непосредственной близости от объекта производства работ. При этом продолжительность сеанса наблюдений должна быть не менее двух часов. Это обеспечивает возможность привязки к ближайшим станциям сетей ПДБС, находящимся на удалении более 50 км, а также возможность определения координат и высот с использованием сервисов Trimble Centerpoint RTX и технологии Precise Point Positioning (PPP) – метода получения координат путем получения поправок к эфемеридам орбит и бортовым часам всех видимых спутников от сетевого источника поправок.

ВЫВОДЫ

Таким образом, использование различных сетей ПДБС уже сейчас позволяет решать задачи по обеспечению единого координатного пространства для создания цифровой сети автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального значения.

Вместе с тем, следует обратить внимание на тот факт, что часть сетей ПДБС не сертифицирована. Кроме того, отсутствуют единые требования к конструкции установки базовой станции, протоколам обмена информацией, методикам поверки таких сетей и координатной привязки отдельных стаций, а отдельные сети не уравнены между собой. При этом необходимо иметь в виду, что операторы могут переносить станции на новые места или поменять их координаты, что может привести к ошибочным измерениям в случае отсутствия дополнительного контроля.

Для выполнения работ в масштабах всей страны на автомобильных дорогах общего пользования федерального и регионального значения целесообразно использовать сети ПДБС EFT-CORS, SmartNet, RTKNet или систему HIVE. Для осуществления работ по созданию цифровой модели автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения, а также геодезических работ в рамках одного региона целесообразно использовать сертифицированные региональные сети.

Создание ведомственных активных сетей ПДБС на объектах дорожного хозяйства обеспечит внедрение единого координатного пространства, что будет способствовать повышению качества инженерных изысканий, выполнению геодезического сопровождения строительно-монтажных работ и использованию цифровой модели автомобильных дорог.

Подходы к обеспечению единого координатного пространства для создания цифровой модели автомобильных дорог позволяют обеспечить привязку пространственных данных в системах координат ГСК-2011, WGS-84, ITRF-2014, в том числе с использованием сервисов TrimbleRTX и технологии PPP, а также переход между различными системами координат.

Кроме того, необходимо совершенствование нормативно-технической базы для выполнения работ по созданию цифровой модели автомобильных дорог.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Приложение 1. План мероприятий по реализации федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» [Электронный ресурс]. – URL: https://mintrans.gov.ru/file/423980 (дата обращения: 02.02.2021).*
2. *Распоряжение Минтранса России от 17 сентября 2020 г. № АК-177-р. О подготовке проектной документации с использованием технологии информационного моделирования // Законы, кодексы, нормативные и судебные акты [интернет-сайт]: https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-mintransa-rossii-ot-17092020-n-ak-177-r-o-podgotovke/ (дата обращения: 14.10.2020).*
3. *Протяженность автомобильных дорог общего пользования по субъектам Российской Федерации за 2019 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank /iNEf3mAv/t2-2.xls (дата обращения: 14.10.2020).*
4. *Постановление Правительства РФ от 24 ноября 2016 г. № 1240. Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы // Собрание законодательства РФ. – 2016. – № 49. – ст. 6907 (дата обращения: 02.02.2021).*
5. *Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 383. Об утверждении Порядка установления местных систем координат // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201708250006 (дата обращения: 02.02.2021).*
6. *Мазурова Е.М. Современное состояние государственных геодезических сетей / Е.М. Мазурова // Международная научно-практическая конференция «Геодезия. Маркшейдерия. Аэросъемка». – 2020.*
7. *Вдовин В.С. Проблемы и перспективы развития активных спутниковых геодезических сетей в России и их интеграции в ITRF / В.С. Вдовин и др. // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23. – № 1. – С. 6-27.*
8. *Гулин В.Н. Обеспечение единого координатного пространства: результаты апробации методики создания ВОГС // В.Н. Гулин, А.А. Неретин // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2016. – № 1(6). – С. 4-11.*
9. *Евстафьев О.В. Тенденции и проблемы развития спутниковых СТП в России / О.В. Евстафьев // Геопрофи. – 2012. – № 3. – С. 9-13.*

10. *Карта размещения станций геодезических сетей специального назначения, отчеты о создании которых (открытого пользования) помещены в федеральный фонд пространственных данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cgkipd.ru/opendata/GSSN/ (дата обращения: 24.10.2020).*
11. *ITRF station coordinates [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://itrf.ign.fr/site_info_and_select/solutions_extraction.php (дата обращения: 06.11.2020).*
12. *Список координат и скоростей пунктов, участвовавших в первичном построении системы координат ГСК-2011, на эпоху 1 января 2011 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cgkipd.ru/opendata/fags/list.php (дата обращения: 06.11.2020).*
13. *ГОСТ 32453-2017. Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек [Электронный ресурс]. – Введ. 2018.07.01. – Режим доступа: Система «Техэксперт» (дата обращения: 06.11.2020).*
14. *CenterPoint RTX Post-Processing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.trimblertx.com (дата обращения: 06.11.2020).*

L I T E R A T U RA

1. *Prilozhenie 1. Plan meropriyatij po realizacii federal'nogo proekta «Obshchesistemnye mery razvitiya dorozhnogo hozyajstva» [Elektronnyĭ resurs]. – URL: https://mintrans.gov.ru/file/423980 (data obrashcheniya: 02.02.2021).*
2. *Rasporyazhenie Mintransa Rossii ot 17 sentyabrya 2020 g. № AK-177-r. O podgotovke proektnoj dokumentacii s ispol'zovaniem tekhnologii informacionnogo modelirovaniya // Zakony, kodeksy, normativnye i sudebnye akty [internet-sajt]: https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-mintransa-rossii-ot-17092020-n-ak-177-r-o-podgotovke/ (data obrashcheniya: 14.10.2020).*
3. *Protyazhennost' avtomobil'nyh dorog obshchego pol'zovaniya po sub"ektam Rossijskoj Federacii za 2019 god [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank /iNEf3mAv/t2-2.xls (data obrashcheniya: 14.10.2020).*
4. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 24 noyabrya 2016 g. № 1240. Ob ustanovlenii gosudarstvennyh sistem koordinat, gosudarstvennoj sistemy vysot i gosudarstvennoj gravimetricheskoj sistemy // Sobranie*

zakonodatel'stva RF. – 2016. – № 49. – st. 6907 (data obrashcheniya: 02.02.2021).

5. *Prikaz Ministerstva ekonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii ot 28 iyulya 2017 g. № 383. Ob utverzhdenii Poryadka ustanovleniya mestnyh sistem koordinat // Oficial'nyj internet-portal pravovoj informacii. – URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201708250006 (data obrashcheniya: 02.02.2021).*
6. *Mazurova E.M. Sovremennoe sostoyanie gosudarstvennyh geodezicheskih setej / E.M. Mazurova // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Geodeziya. Markshejderiya. Aeros"emka». – 2020.*
7. *Vdovin V.S. Problemy i perspektivy razvitiya aktivnyh sputnikovyh geodezicheskih setej v Rossii i ih integracii v ITRF / V.S. Vdovin i dr. // Vestnik SGUGiT. – 2018. – T. 23. – № 1. – S. 6-27.*
8. *Gulin V.N. Obespechenie edinogo koordinatnogo prostranstva: rezul'taty aprobacii metodiki sozdaniya VOGS // V.N. Gulin, A.A. Neretin // SAPR i GIS avtomobil'nyh dorog. – 2016. – № 1(6). – S. 4-11.*
9. *Evstaf'ev O.V. Tendencii i problemy razvitiya sputnikovyh STP v Rossii / O.V. Evstaf'ev // Geoprofi. – 2012. – № 3. – S. 9-13.*
10. *Karta razmeshcheniya stancij geodezicheskih setej special'nogo naznacheniya, otchety o sozdanii kotoryh (otkrytogo pol'zovaniya) pomeshcheny v federal'nyj fond prostranstvennyh dannyh [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://cgkipd.ru/opendata/GSSN/ (data obrashcheniya: 24.10.2020).*
11. *ITRF station coordinates [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://itrf.ign.fr/site_info_and_select/solutions_extraction.php (data obrashcheniya: 06.11.2020).*
12. *Spisok koordinat i skorostej punktov, uchastvovavshih v pervichnom postroenii sistemy koordinat GSK-2011, na epohu 1 yanvarya 2011 goda [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://cgkipd.ru/opendata/fags/list.php (data obrashcheniya: 06.11.2020).*
13. *GOST 32453-2017. Global'naya navigacionnaya sputnikovaya sistema. Sistemy koordinat. Metody preobrazovanij koordinat opredelyaemyh tochek [Elektronnyj resurs]. – Vved. 2018.07.01. – Rezhim dostupa: Sistema «Tekhekspert» (data obrashcheniya: 06.11.2020).*
14. *CenterPoint RTX Post-Processing [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://www.trimblertx.com (data obrashcheniya: 06.11.2020).*

USING THE NETWORKS OF PERMANENTLY OPERATING REFERENCE STATIONS TO CREATE A DIGITAL ROAD MODEL

Engineer ***A.O. Kuznetsov***
(State Public Institution
«*Centre of the Traffic Organization» (GKU CODD),*
Engineer ***E.A. Lyubimov***
(FAI «ROSDORNII»)
Contact information: a.o.kuznetsov@gmail.com;
lyubimov@rosdornii.ru

The article presents the results of the analysis of the coverage of public roads of federal and regional significance by permanent reference (base) stations. The approaches to providing a common coordinate space for creating digital model of public roads of federal and regional significance are determined.

Key words: *roads, digital model, base stations, geodetic networks, coordinate systems, differential measurements.*

Рецензент: д-р техн. наук, профессор В.Н. Бойков (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)).
Статья поступила в редакцию: 23.03.2021 г.