

УДК: 528.02; 528.06

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТРАСС.



Ознамец В.В.

д.т.н., доцент, зав. кафедрой, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК),
E-mail: voznam@bk.ru, Москва, Россия

Аннотация

В статье исследуется геодезическая поддержка развития транспортной инфраструктуры, включая железнодорожные пути. Показано различие между геодезическим обеспечением и геодезической поддержкой. Геодезическая поддержка включает геоинформационное обеспечение. Пространственный мониторинг является частью геодезической поддержки. Пространственный мониторинг можно рассматривать как сложную систему. Геодезическая поддержка может быть рассмотрена как система систем. Она включает систему пространственного мониторинга, систему геодезического обеспечения и систему геоинформационного обеспечения. Геодезическая поддержка обеспечивает устойчивое функционирование транспортной инфраструктуры. Геодезическая поддержка связана с бизнес геодезией и геосервисом. При строительстве тоннелей необходимо применять понятие «габаритные геоданные». Содержание геодезической поддержки существенно зависит от уровня управления и развития технологий.

Ключевые слова:

транспорт, геодезическая поддержка, транспортная инфраструктура, геоинформационная поддержка, геодезическое обеспечение, пространственный мониторинг, принятие решений, габаритные геоданные.

GEODETIC SUPPORT FOR THE DEVELOPMENT OF RAILWAY ROUTES.

Oznamets V. V. D.ofSci(Tech.), Assoc. Professor, Head of the chair, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), E-mail: voznam@bk.ru, Moscow, Russia

Annotation

The article explores geodetic support for the development of transport infrastructure, including railways. The difference between geodetic support and geodetic support is shown. Geodetic support includes geoinformation support. Spatial monitoring is part of geodetic support. Spatial monitoring can be considered as a complex system. Geodetic support can be considered as a system of systems. It includes a spatial monitoring system, a geodetic support system and a geoinformation support system. Geodetic support ensures the sustainable functioning of transport infrastructure. Geodetic support is related to business geodesy and geoservice. When constructing tunnels, it is necessary to apply the concept of "dimensional geodata". The content of geodetic support significantly depends on the level of management and technology development.

Keywords:

transport, geodetic support, transport infrastructure, geoinformation support, geodetic support, spatial monitoring, decision making, dimensional geodata.

Управление транспортной инфраструктурой требует информационной поддержки [1]. Большую часть информации составляет пространственная информация. Основу информационной поддержки при развитии транспортной инфраструктуры составляет геодезическая поддержка. Термин геодезическая поддержка вводится автором на основе обобщения опыта работ в области информационной и технологической поддержки развития транспортной инфраструктуры. Цифровизация развития транспортной инфраструктуры приводит к необходимости введения понятия геодезическая поддержка. Геодезическая поддержка каких-либо работ часто трактуется как геодезическое обеспечение. Однако это, хотя и близкие, но не совсем равнозначные понятия. Геодезическое обеспечение [2] представляет собой комплекс геодезических работ и информацию [3], которую на основе этих работ получили.

Геодезическая поддержка включает геодезическое обеспечение, геоинформационное обеспечение и дополнительно включает информацию, необходимую для принятия решений и управления. Геодезическая поддержка может трактоваться как поддержка принятия решений с использованием пространственной информации, полученной геодезическими технологиями. Сразу напрашивается термин геоинформационная поддержка. Геоинформационная поддержка может интерпретироваться как поддержка принятия решений с использованием пространственной информации, полученной методами геоинформатики [4]. Необходимо констатировать что современное геодезическое обеспечение и особенно геоинформационная поддержка интегрированы с методами геоинформатики. Иногда геодезическая поддержка включает применение ГИС и геоинформатики и разделить их довольно сложно. Геодезическая поддержка есть новое направление и представляет интерес применительно к проектированию и развитию железнодорожных трасс.

Содержание геодезической поддержки

С позиций системного подхода геодезическая поддержка (ГП) может быть рассмотрено как сложная система [5]. Геодезическое обеспечение связано с развитием геодезии и ростом потребностей общества в пространственной информации. Геодезическое обеспечение (ГО) связано со сбором пространственной информации.

Геодезическая поддержка отвечает экономическим и технологическим потребностям. В ряде справочной литературы ГО и ГП интерпретируют как технологический комплекс. В реальности важной частью ГП является управленческая компонента. ГП в ряде случаев является инструментом поддержки принятия решений. Научная составляющая ГП включает разработку новых научных и технологических методов [5]. Экономическая компонента ГП включает исследования, отвечающие потребностям экономики и управления. Современное ГП интегрировано с рядом наук. Это определяет применение ГП для решения разных направлений, например, управление недвижимостью и кадастра недвижимости [6]. Геодезическое обеспечение и ГП есть широкое направление, удовлетворяющее экономические и технологические потребности общества. Современное ГП тесно связано с геоинформатикой. ГО также применяет ИТ для управления транспортной инфраструктуры [7].

На рис.1 дана общая технологическая схема геодезической поддержки транспортной инфраструктуры.

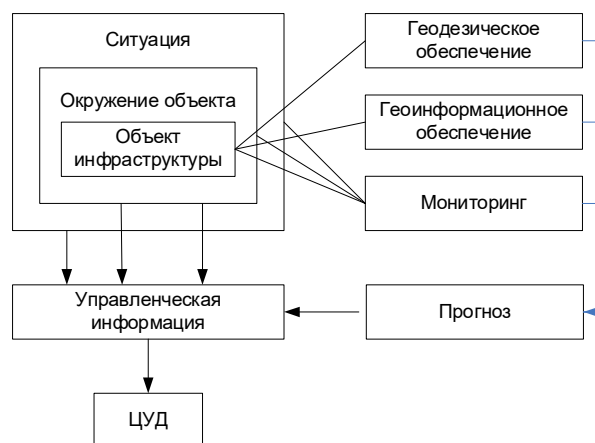


Рисунок 1. Общая технологическая схема геодезической поддержки

Ядром схемы является объект инфраструктуры. В нашем случае это железнодорожный путь. Важным для обеспечения объекта является его окружение: грунт, защищенность от снеготаносов, рельеф, сейсмичность, наклон и другое. Окружение является относительно стабильной характеристикой. Динамической характеристикой объекта является ситуация вокруг него.

Ситуация может быть связана с пожарами, сходом селей, наводнениями, авариями и т.д. Геодезическое и геоинформационное обеспечение связаны с объектом. Геодезическое и геоинформационное обеспечение выполняют обычно на начальной стадии работ. На последующих стадиях геодезической поддержки выполняют пространственный мониторинг [8]. Пространственный мониторинг проводят для объекта, для окружения объекта, и для ситуации. Фактически это разные виды мониторинга, интегрированные в мониторинг объектов транспортной инфраструктуры.

Пространственный мониторинг, выполняемый в рамках геодезической поддержки, включает выполняет информационную и управленческую функции поддержки. Пространственный мониторинг при геодезической поддержке является комплексом технологий и сочетанием разных видов мониторинга. Он включает разные виды и технологии мониторинга, которые применяют по задачам поддержки. Относительно поверхности разделяют: космический [9-12], воздушный [13], наземный [14], подземный [15]. Воздушный мониторинг разделяют на аэро- мониторинг, вертолетный и мониторинг с применением БПЛА [16]. Обобщением разных типов мониторинга является геомониторинг [17].

По технологическим признакам выделяют геодезический мониторинг [18], геотехнический мониторинг [19, 20], геоинформационный мониторинг [21, 22], экологический мониторинга [23], комплексный мониторинг [24] и др. По типам объектов дифференцируют: мониторинг движимых объектов [25, 26], мониторинг недвижимых объектов [27], мониторинг стационарных ситуаций [28- 30], мониторинг динамических ситуаций. Часть видов мониторинга входит в геосервис [31, 32]. Многообразие видов пространственного мониторинга дает основание рассматривать его как сложную систему. В тоже время мониторинг нуждается в геодезическом обеспечении [33].

Информация, получаемая из мониторинга, геоинформационной и геодезической поддержки применяется для формирования прогноза. Эта информация смешивается не пространственной информацией и образует управленческую информацию. Управленческая информация поступает в центр управления движением (ЦУД рис.1) На этом геодезическая поддержка заканчивается.

Геодезическая информационного пространства. поддержка транспортного пространства.

В координатном смысле информационное транспортное пространство [34, 35] (ИТП) есть сложная или прикладная система, которая может содержать другие пространства или поля. Основное назначение этой сложной или прикладной системы создать условия для управления и развития объектов транспортной инфраструктуры. Особенностью управления подвижными объектами является распределенность. Поэтому ИТП должно создать условия для распределенного управления. Основными видами пространств, входящими в ИТП, являются: транспортное киберпространство, координатное пространство радиорелейных мачт [36, 37], координатное пространство радио меток, мобильное коммуникационное пространство, навигационное информационное пространство. На рис.2 приведена схема координатного пространство радиорелейных мачт, которое также называют радиорелейным пространством.

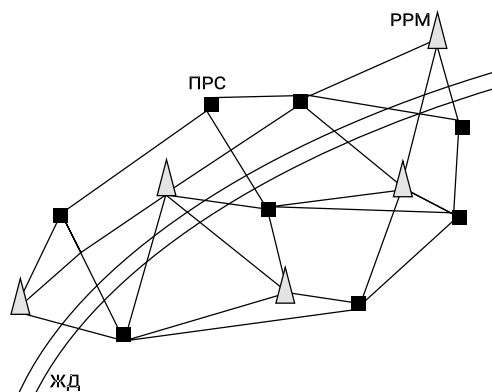


Рисунок 2. Информационное радиорелейное пространство.

Радиорелейное пространство представляет собой два вложенных пространства: геодезическое реперное пространство и пространство координированных мачт на основе реперного пространства. На рис.2 черными квадратами показаны пункты геодезической реперной сети (ПРС) и связи между ними. Треугольниками схематически отображены радиорелейные мачты (РРМ) и связи между ними. Оба пространства окружают железную дорогу (ЖД). В силу этого объекты, которые перемещаются по ней четко координируются в реальном времени. Это дает возможность вычислять их координаты и скорость. ИТП является необходимым компонентом:

Геодезическая поддержка подземных работ

При строительстве и развитии железнодорожных трасс большое значение имеют подземные геодезические работы [50, 51]. Они предшествуют строительству и служат поддержкой подземного строительства. Для обобщения опыта геодезических подземных работ применяют метамоделирование [52]. Геодезическая поддержка обеспечение при строительстве наземных трасс и трасс туннелей [53] выделяет четыре направления:

1. Проведение геодезических подземных работ согласно целевому проекту
2. Адаптация существующих подземных и наземных объектов под подземные объекты для железнодорожных трасс.
3. Проведение геологической разведки. Нахождение пористых структур и разработка их для подземных сооружений.
4. Комплексное проведение наземных и подземных изысканий и подземное строительство по фактической модели.

Среди подземных геодезических работ важное место занимает строительство туннелей [53]. Современное геодезическое обеспечение и геодезическая поддержка используют модели, которые обобщают накопленный опыт. Поэтому при строительстве туннелей применяют пространственные и геоинформационные модели. также при этом виде работ применяют ГИС. Модель туннеля описывает горизонтальное, реже наклонное подземное сооружений. Эта пространственная модель такова, что ее габарит по длине значительно превосходит два других габарита: ширину и высоту. В силу этого туннель относят к протяженным объектами, хотя по сравнению с наземными протяженными объектами (дороги и мосты) его длина не всегда достаточно велика. Главным критерием протяженного объекта является необходимость учета кривизны Земли. На рис.3 дана типовая схема геодезического обеспечения подземных работ.

Темная штриховка показывает грунтовую часть. Основная технологическая процедура заключается в переносе отметки с поверхности в подземную часть с соблюдением вертикальных направлений. Схема на рис.3 представляет собой профиль и типичные работы при строительстве метро.

Для туннелей необходимо вводить специфическое понятие «габаритные геоданные».

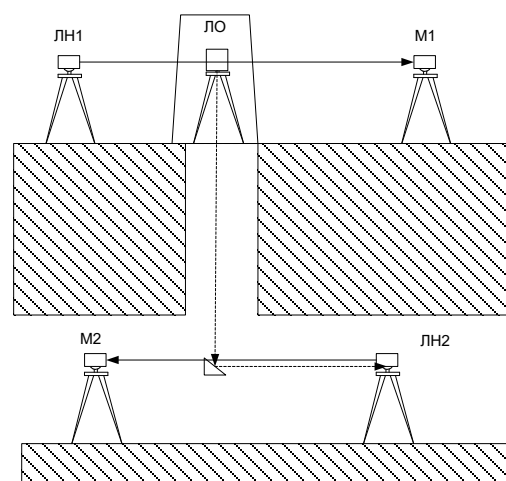


Рисунок 3. Типовая схема геодезического обеспечения подземных работ

Современное геодезическое обеспечение использует не пузырьковые уровни, а лазерный нивелир (ЛН1, ЛН2, рис.3) Их используют в сочетании с марками на поверхности (ЛН1, М1) и в подземной части сооружения (ЛН2, М2). Относительно новым инструментом, применяемым при подземных работах, является лазерный отвес (ЛО). Он выполняет две функции определяет (задает) вертикаль и поворачивает луч в горизонтальную плоскость. Такая возможность обеспечивает ориентирование подземных работ и помогает развивать подземные геодезические сети.

Для сооружения туннеля ориентирование проводят через вертикальную шахту. Оно может быть реализовано разными способами, в основном в зависимости от применяемой геодезической аппаратуры. Использование лазерной техники повышает точность и оперативность работ.

Заключение.

Цифровизация общества и опыт применения геодезического обеспечения для развития транспортной инфраструктуры приводит к необходимости введения понятия геодезическая поддержка. Системный подход позволяет рассматривать ГП как сложную систему, которая включает другие сложные системы, например систему пространственного мониторинга, систему геоинформационного обеспечения и систему геодезического обеспечения. Геодезическая поддержка обеспечивает устойчивое функционирование транспортной инфраструктуры. Потребности в геодезической поддержке как инструменте управления продолжают расти. Геодезическая поддержка тесно связана с направлением бизнес геодезии и технологией геосервиса. Геодезическая поддержка использует спутниковые технологии и лазерную технику. В частности, она применяет мобильное лазерное сканирование.

Принципиальным отличием геодезической поддержки от геодезического обеспечения является наличие в ней подсистемы информационного анализа и поддержки принятия решений. Геодезическое обеспечение ограничивается только сбором информации. Пространственные модели являются основой обработки и принятия решений в ГП. Для ГП большое значение имеет модель информационной ситуации, которая в обычном геодезическом обеспечении не применяется. Геодезическую поддержку применяют в цифровой логистике. Содержание геодезической поддержки зависит от развития науки и технологий. Цифровая трансформация общества влияет на развитие геодезической поддержки.

Список литературы

1. Кох И. А. Стратегия управления транспортной инфраструктурой города: социологические аспекты // Вопросы управления. – 2017. – №. 2 (45). – С.106-112.
2. Ознамец В.В. Геодезическое обеспечение цифрового транспорта // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 3(15). – С.29-43.
3. Ознамец В.В. Влияние цифровой трансформации на геодезическое обеспечение транспорта // Наука и технологии железных дорог. 2021. Т. 5. №3 (19). – С.21-27.
4. Цветков В.Я. Применение геоинформационных технологий для поддержки принятия решений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2001. - №4. - С.128-138.
5. Цветков В.Я., Ознамец В.В., Филатов В.Н. Геодезическое обеспечение как сложная система // Информация и космос. 2019. - №2. – С.88-92.
6. Алакоз В. В. О проблемах геодезического обеспечения кадастра недвижимости и совершенствовании кадастровой деятельности // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2020. – №. 10. – С. 51-58.
7. Ярош И.Д. Геосервис транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. 2023. Т. 7. №1 (25). – С.32-37.
8. Ознамец В.В. Пространственный мониторинг транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. 2022. Т. 6. №4 (24). – С.44-49
9. Розенберг И.Н. Космический мониторинг // Славянский форум, 2016. -2(12). – С.216-222.
10. Бронников С.В. Космический мониторинг транспорта // Наука и технологии железных дорог. 2022. Т. 6. №3 (23). – С.38-44.
11. Бондур В.Г., Лёвин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Космический мониторинг транспортных объектов. Учебное пособие. – Москва, 2015. – 72с.
12. Lyovin B. A. Earth Exploration from Space for Solving Transport Problems // Russian Journal of Astrophysical Research. Series A. 2017. -3(1). С.13-28.
13. Choi K. A., Lee J. H., Lee I. P. Development of a close-range real-time aerial monitoring system based on a low altitude unmanned air vehicle // Spatial Information Research. – 2011. – Т. 19. – №. 4. – С.21-31.

14. Zhai Y. et al. An advanced receiver autonomous integrity monitoring (ARAIM) ground monitor design to estimate satellite orbits and clocks //The Journal of Navigation. – 2020. – Т. 73. – №. 5. – С.1087-1105.
15. Gong H. et al. Advances in fibre optic based geotechnical monitoring systems for underground excavations //International Journal of Mining Science and Technology. – 2019. – Т. 29. – №. 2. – С.229-238.
16. Цветков В.Я., Ознамец В.В. Мониторинг транспортной инфраструктуры и использованием интеллектуальных БПЛА // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 8. С. 18-21.
17. Елсуков П. Ю. Развитие геомониторинга// Славянский форум. -2020. – 4(30). - С.55-65.
18. Hamza V. et al. Testing multi-frequency low-cost gnss receivers for geodetic monitoring purposes //Sensors. – 2020. – Т. 20. – №. 16. – С.4375.
19. Цветков В.Я. Геоинформационный геотехнический мониторинг // Науки о Земле. - 2012. - №4. - С.054-058.
20. Булгаков С.В. Геотехнический мониторинг транспорта // Наука и технологии железных дорог. 2021. Т. 5. №1 (17). – С.42-49.
21. Скнарина Н.А. Решение задач расстановки сети датчиков при организации геоинформационной системы мониторинга оползнеопасных склонов // Кибернетика. -2011. - № 6.- с.34-37. Гановер: Kybernetika-verlag.
22. Цветков В.Я. Геоинформационный мониторинг //Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2005. - №5. - С.151 -155.
23. Затягалова В.В. Геоэкологический мониторинг загрязнений моря по данным дистанционного зондирования // Образовательные ресурсы и технологии. – 2014. - №5(8). – С.94-99.
24. Лёвин Б.А. Комплексный мониторинг транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – С.14-21.
25. Tsvetkov V. Ya. Information Management of Mobile Object // European Journal of Economic Studies. 2012, №1(1). P. 40-44.
26. Zhou W., Li Z., Gao P. Research on moving object detection and matching technology in multi-angle monitoring video //2019 IEEE 8th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC). – IEEE, 2019. – С.741-744.
27. Liang X. et al. SFA-based ELM for remote detection of stationary objects //Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. – 2022. – Т. 13. – №. 6. – С. 2963-2981.
28. Guerra B. M. V. et al. Automatic pose recognition for monitoring dangerous situations in Ambient-Assisted Living //Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. – 2020. – Т. 8. – С.415.
29. Цветков В. Я. Ситуационное моделирование в геоинформатике // Информационные технологии. – 2014. - №6. – С.64-69.
30. Ознамец В. В. Мягкое ситуационное управление // Славянский форум. -2018. – 2(20). - С.57-62.
31. Кудж С.А. Геосервис как сложная организационно техническая система// Славянский форум. -2020. – 2(28). - С.55-64.
32. Озамец В.В. Геодезическое обеспечение как геосервис // Славянский форум. -2020. – 2(28). - С.237-245.
33. Ознамец В. В. Геодезическое обеспечение мониторинга железнодорожных дорог // Наука и технологии железных дорог. – 2020. Т.4.– 1(13). – С.46-56.
34. Зубков В. В., Сирина Н. Ф. Развитие механизмов интеграции промышленных предприятий в единое транспортно-информационное пространство //Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. ГИ Носова. – 2020. – Т. 18. – №. 3. – С. 79-89.
35. Ознамец В.В. Информационное управляющее транспортное пространство // Наука и технологии железных дорог. 2020. Т.4.– 4(16). – С.43-50.
36. Цветков В.Я., Дзюба Ю.В. Радиорелейное информационное пространство // Автоматика, связь, информатика. 2019. № 4. С.24-25
37. Ознамец В.В. Геодезическое обеспечение радиорелейного информационного пространства // Наука и технологии железных дорог. – 2019. Т.3.– 1(9). – С.46 -52.
38. Цветков В.Я. Интеллектуализация транспортной логистики // Железнодорожный транспорт. -2011. - №4. – С.38-40.
39. Щенников А. Н. Интеллектуальное управление в сфере транспорта // Наука и технологии железных дорог. – 2018. Т.2.– 1(5). – С.34- 42.

40. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир транспорта. - 2018. - Т. 16. - №3 (76). - С. 50-61.
41. Буравцев А. В. Цифровая железная дорога как сложная организационно-техническая система // Наука и технологии железных дорог. – 2018. Т.2.– 1(5). – с.69-79.
42. V. Ya. Tsvetkov, S.V. Shaytura, K.V. Ordov. Digital management railway // Advances in Economics, Business and Management Research, volume 105. 1st International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2019), p. 181- 185.
43. Cao Y., Wen J., Ma L. Tracking and collision avoidance of virtual coupling train control system //Future Generation Computer Systems. – 2021. – Т. 120. – С.76-90.
44. Liu Y. et al. Review on cyber-physical systems //IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica. – 2017. – Т. 4. – №. 1. – С. 27-40.
45. Цветков В.Я. Управление с применением кибер-физических систем // Перспективы науки и образования. - 2017. - №3(27). - С.55-60.
46. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Киберфизические системы в управлении транспортом // Мир транспорта. - 2018. Т. 16. № 2 (75). - С. 138-145.
47. Шайтура С. В. Проблемы координатного обеспечения цифровой железной дороги // Наука и технологии железных дорог. – 2018. Т.2.– 1(5). – С.62-68.
48. Дзюба Ю. В Координатная среда цифровой железной дороги // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 2(6). – С.43-53.
49. Ознамец В.В. Применение спутниковых технологий для создания информационного транспортного пространства // Наука и технологии железных дорог. 2021. Т. 5. №1 (17). – С.22-31.
50. Куприянов А.О. Цифровое моделирование при проектировании и мониторинге трасс // Наука и технологии железных дорог. – 2017. Т.1. – 1(1). – С.70-81.
51. Куприянов А. О. Цифровое моделирование при подземных геодезических работах // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №4 (12). – С.57-65.
52. Цветков В.Я., Булгаков С.В., Титов Е.К., Рогов И.Е. Метамоделирование в геоинформатике // Информация и космос. 2020. - №1. – С .112-119.
53. Куприянов А.О. Геодезическое обеспечение при строительстве трассы туннелей // Наука о Земле" № 1-2013 – С.32-38.