

СОЗДАНИЕ И ВЕДЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДЕЖУРНЫХ ПЛАНОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Анатолий Геннадьевич Неволин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55, e-mail: agentagn@mail.ru

Денис Борисович Новоселов

ООО «ОК «Сибшахтострой», 654034, Россия, г. Новокузнецк, шоссе Кузнецкое, 9, главный специалист геодезического отдела, тел. (384)390-02-63, e-mail: novoselov.db@okssh.ru

В настоящее время при проектировании крупных промышленных предприятий внедряются современные информационные модели зданий (BIM) и в дальнейшем используются на строительной площадке. Осуществляется переход строительной отрасли на цифровизацию процессов информационного моделирования с применением пространственных данных и электронный документооборот. Поэтому для геодезического мониторинга строительства промышленных объектов горнодобывающих предприятий предлагается эффективнее использовать беспилотные летательные аппараты (БЛА) и наземные лазерные сканеры. При систематическом мониторинге строительства создается полноценный генеральный план, в котором отражены все отклонения от проекта, в том числе и работы, которые были не предусмотрены проектной документацией. Известно, что с использованием БЛА для сбора пространственных данных можно производить контроль за земляными работами, свайными полями, фундаментами, временными дорогами и благоустройством территории. Такие конструкции, как металлические и железобетонные колонны, фермы, балки, технологическое оборудование, сложные надземные узлы трубопроводов и фасады целесообразно контролировать с помощью наземного лазерного сканера. Все полученные данные при геодезическом мониторинге можно объединять в едином проекте и совместно использовать для комплексного решения различных прикладных инженерных задач как в процессе контроля за возводимыми зданиями и сооружениями, так и в период их эксплуатации.

Ключевые слова: цифровой дежурный план, генеральный план, наземный лазерный сканер, беспилотный летательный аппарат, облака точек, геодезический мониторинг строительства

CREATING AND MAINTAINING DIGITAL PLANS FOR THE CONSTRUCTION OF MINING ENTERPRISES IN THE KEMEROVO REGION

Anatoly G. Nevolin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, phone: (383)343-29-55, e-mail: agentagn@mail.ru

Denis B. Novoselov

LLC "OK "Sibshahtostroy", 9, Kuznetskoye St., Novokuznetsk, 654034, Russia, Chief Specialist of the Geodesic Department, phone: (384)390-02-63, e-mail: novoselov.db@okssh.ru

Currently, in the design of large industrial enterprises, modern building information models (BIM) are being introduced and further used at the construction site. The construction industry is transitioning to digitalization of information modeling processes using spatial data and electronic document management. Therefore, it is proposed to use unmanned aerial vehicles (UAVs) and terrestrial laser scanners more efficiently for geodetic monitoring of the construction of industrial facilities of mining enterprises. With the systematic monitoring of construction, a full-fledged master plan is created, which reflects all deviations from the project, including works that were not provided for in the project documentation. It is known that using UAVs to collect spatial data, it is possible to control earthworks, pile fields, foundations, temporary roads and landscaping. Structures such as metal and reinforced concrete columns, trusses, beams, technological equipment, complex above-ground pipelines and facades are advisable to be monitored using a ground-based laser scanner. All the data obtained during geodetic monitoring can be combined in a single project and jointly used for a comprehensive solution of various applied engineering problems both in the process of monitoring buildings and structures being erected, and during their operation.

Keywords: digital plan, master plan, terrestrial laser scanner, unmanned aerial vehicle, point clouds, construction monitoring

Введение

Государственной программой развития угольной промышленности Кемеровской области предусмотрено дальнейшее устойчивое развитие горнодобывающей отрасли на 2019–2024 годы. Для Кемеровской области основным приоритетом является повышение экономической эффективности и конкурентоспособности региона на основе внедрения инновационных технологий [1].

Сегодня в проектных организациях, выполняющих проектирование крупных промышленных предприятий, внедряются современные технологии, в том числе BIM технологии [2, 3]. Все чаще на строительной площадке применяются новые технологии управления строительством и используются проектные модели зданий и сооружений в трехмерном виде [4]. Также осуществляется подготовка перевода строительной области на электронный документооборот согласно Постановлению правительства РФ № 1431 [5].

Существуют примеры опыта ведения дежурных планов крупных городов, таких как г. Хабаровск [6], г. Барнаул [7], г. Москва [8]. В работах [9, 10] описаны методы решения задач по созданию и ведению электронного генплана промышленного предприятия, структуры входных и выходных его данных и приведены примеры использования дежурного плана при строительстве в горной местности. При этом все изменения, внесенные в проектную документацию в установленном порядке, а также допущенные отклонения от нее в размещении зданий (сооружений) и сетей инженерно-технического обеспечения, должны фиксироваться на исполнительном генеральном плане [11, 12].

Целью данной статьи является применение методики создания и ведения дежурного плана застроенной территории [13, 14] для создания и контроля за исполнительным генеральным планом строительства. При постоянном мониторинге строительства по полученным данным создается полноценный генераль-

ный план, в котором отражены все отклонения от проекта, а также работы, которые были не предусмотрены проектной документацией.

Для мониторинга строительства предлагается использовать полевую съемку с помощью бесплотных летательных аппаратов (БЛА) и наземных лазерных сканеров (НЛС). Системы наземного лазерного сканирования, а также беспилотные летательные аппараты позволяют в кратчайшее время получать огромные массивы информации об объектах местности в виде облаков точек лазерных отражений и трехмерных пространственных данных.

Методы и материалы

Для создания и ведения цифровых дежурных планов необходимо создать и надежно закрепить на местности пункты планово-высотной основы. Методами закрепления планово-высотной основы могут быть: классическое закрепление в земле, закрепление на существующих конструкциях в виде светоотражающей пленки [15–18], закрепление в виде опорного знака для беспилотных летательных аппаратов (рис. 1, б) и в виде марки для наземных лазерных сканеров (рис. 1, а). Необходимо, чтобы все геодезические работы, связанные с созданием и обновлением дежурного плана, выполнялись в единой строительной системе координат.

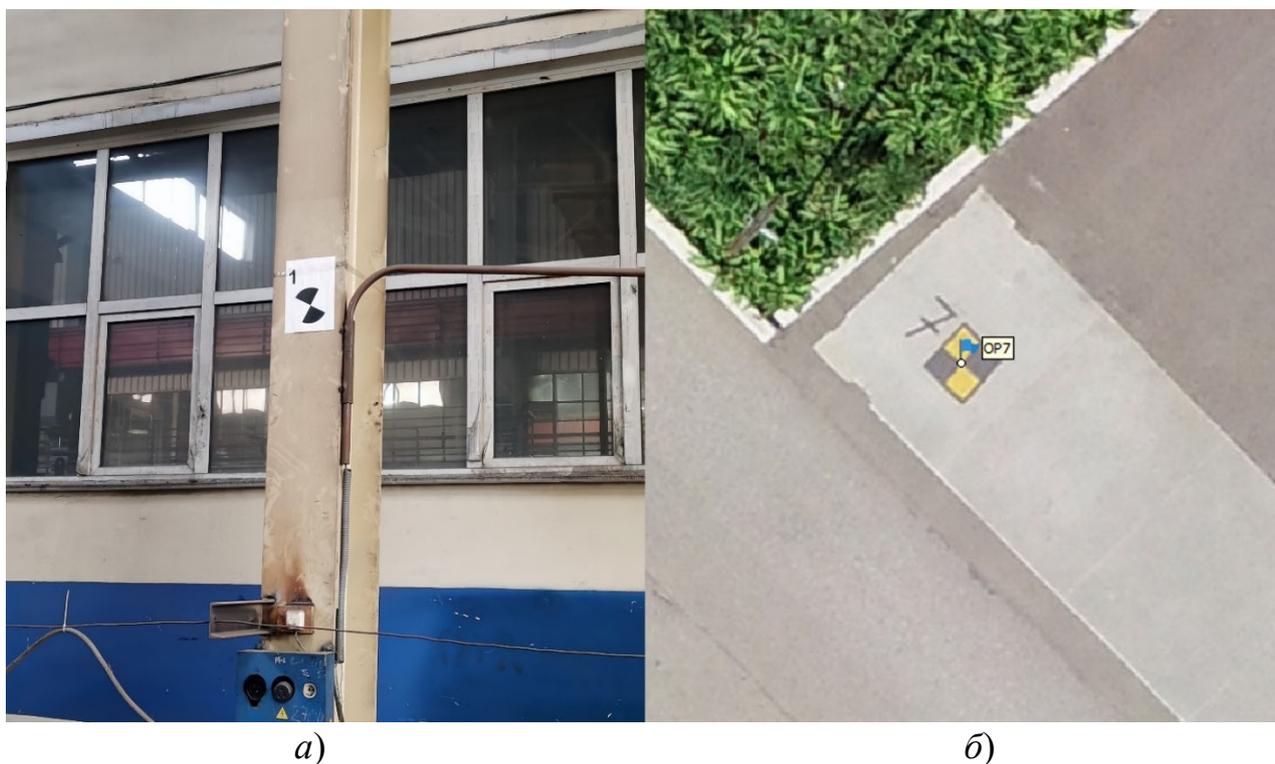


Рис. 1. Закрепление пунктов на объектах местности:
а) марка для НЛС; б) опорный знак для БЛА

Рекомендуется производить качественное маркирование опознаков для БЛА. При необходимости опознаки наносятся краской на ровную площадку, например, на асфальт либо на промышленные конструкции. Форма опознака должна обеспечивать безошибочное определение его центра, поэтому рекомендуется использовать опознаки типа «мишень», полукрест или крест.

Для НЛС можно применять марки – цели, которые печатаются на бумаге формата А4 или А3 в зависимости от расстояния до сканера и закрепляются на строительных конструкциях.

Для ведения дежурного плана при строительстве горнодобывающего промышленного предприятия необходимо создать систему управления хранилищем документов. Данная система позволяет хранить весь набор материалов на сервере и позволяет работать над цифровым дежурным планом несколькими специалистам [19, 20]. Например, геодезист может вносить изменения, а проектировщик использовать цифровой план как подложку для решения локальных задач проектирования при строительстве.

Методика ведения дежурного плана должна быть такой, чтобы любое изменение, выявленное на местности, максимально быстро было внесено в дежурный план и было доступно всем его пользователям.

Состав информации для ведения дежурного плана при строительстве промышленных предприятий включает в себя:

- параметры строительной системы координат. Эти данные необходимы для связи дежурного плана с другими региональными и государственными системами;

- координаты пунктов (опознаков) для БЛА, марок для НЛС, плановых и планово-высотных съемочных сетей, геодезической разбивочной основы для строительства;

- обзорные космические снимки, детальные ортофотопланы строительной площадки и другие данные дистанционного зондирования Земли, которые могут использоваться при мониторинге изменений дежурного плана;

- материалы инженерных изысканий, выполненные в целях проектирования промышленных предприятий;

- материалы исполнительных съемок в виде результатов геодезического сопровождения строительства, что является важным источником для внесения изменений в дежурный план, поэтому необходимо обеспечить обязательный контроль над их качеством и сроками поступления.

Результаты

Для контроля над возводимыми зданиями и сооружениями предлагается применять методику съемки с использованием современных инструментов, таких как БЛА, НЛС и программное обеспечение КРЕДО. После сбора и предварительной обработки данных с БЛА и НЛС, выполненных на основе специали-

зированных программ, производится их дальнейшая обработка в программе КРЕДО 3D СКАН.

Из общего массива пространственных данных можно выделить необходимые точки, которые относятся к строящимся конструкциям. Затем в программу 3D СКАН требуется подгрузить проект в формате AutoCAD (dwg) в строительной системе координат и определить отклонения фактического положения конструкций от проекта.

В облаке точек с помощью команд порогового фильтра выделяются в отдельный классифицированный слой элементы забитых свай, затем определяется центр каждой сваи и производится сравнение с проектом. Например, подрядная организация предоставила инструментальную исполнительную съемку забитых свай порядка 300 штук. Используя облако точек с БЛА, можно проверить предоставленную съемку и выявить, соответствует она действительности или нет.

По данным с БЛА и НЛС можно выполнять расчеты земляных работ. На первом этапе необходимо выделить точки, которые входят в зону производства земляных работ. На втором этапе выбранный массив точек обрабатывается – удаляются отдельные шумы, такие как строительные механизмы, люди и др.

Затем выполняется расчет нормалей в каждой точке трехмерного массива данных, которые могут быть использованы для визуализации облака, фильтрации вертикальных, горизонтальных или наклонных участков, а также участков с большим значением кривизны (рис. 2).

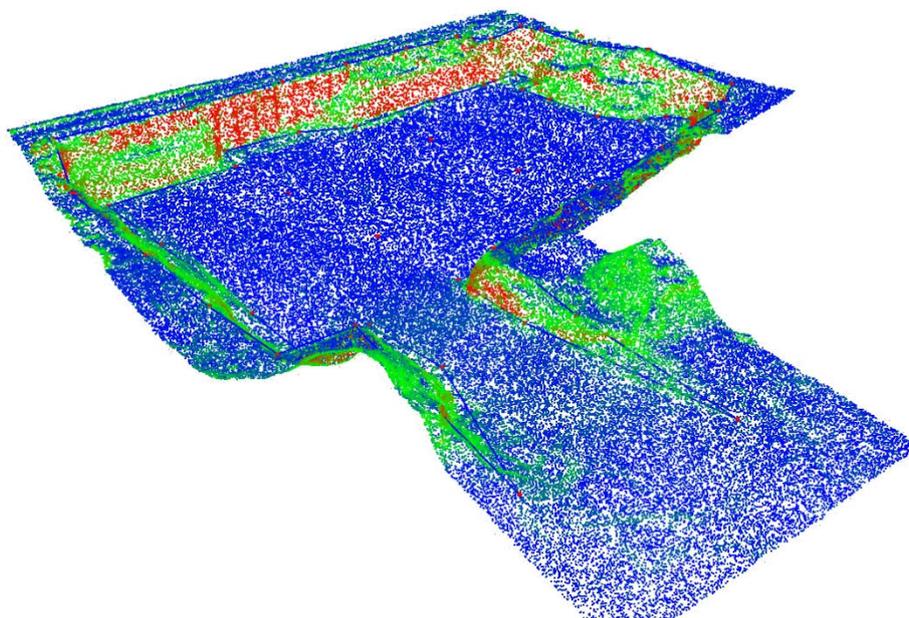


Рис. 2. Результаты обработки данных с БЛА для определения объемов земляных работ

На следующем этапе необходимо выделить основные элементы котлована – нижние и верхние бровки. Эту процедуру можно выполнять разными методами

в программе 3D СКАН. Первый метод – вручную выделить в окне плана с использование динамического поперечника. Второй способ – автоматизированный с помощью команды «Распознавание уступов». В результате работы данной команды выполняется поиск и создание бровок, автоматически рассчитывается параметр «верхняя-нижняя», исходя из кривизны модели рельефа.

В дальнейшем результаты обработки в обменном формате torohtml импортируются в программу КРЕДО Объемы, где происходит расчет объема перемещаемых масс и составление картограммы земляных работ.

К основным недостаткам аэрофотосъемки с БЛА относится меньшая точность определения точек по сравнению со сканером и зависимость от погодных условий. Точность сшивки сканов НЛС в производственных цехах на действующем производстве около 2–3 мм, точность привязки центров фотографирования к опознакам, расположенных на земной поверхности промышленной территории, составляет 2–3 см. Для полета коптера необходимо отсутствие осадков и скорость ветра меньше 10 м/с [21].

БЛА позволяет контролировать те строительные конструкции, которые хорошо видно с воздуха с малых высот от 30 до 150 м. В этом случае выполняется контроль за земляными работами, свайными полями, фундаментами, временными дорогами и благоустройством территории [22].

Такие конструкции, как металлические и железобетонные колонны, фермы, балки, технологическое оборудование, сложные надземные узлы трубопроводов и фасады нельзя контролировать с помощью БЛА. В этих случаях целесообразно использовать наземный лазерный сканер. НЛС позволяет в кратчайшее время выполнить съемку внутри строящихся или эксплуатируемых зданий и сооружений (рис. 3). Данные с НЛС можно использовать и для получения необходимой информации о пространственном положении возводимых конструкций.

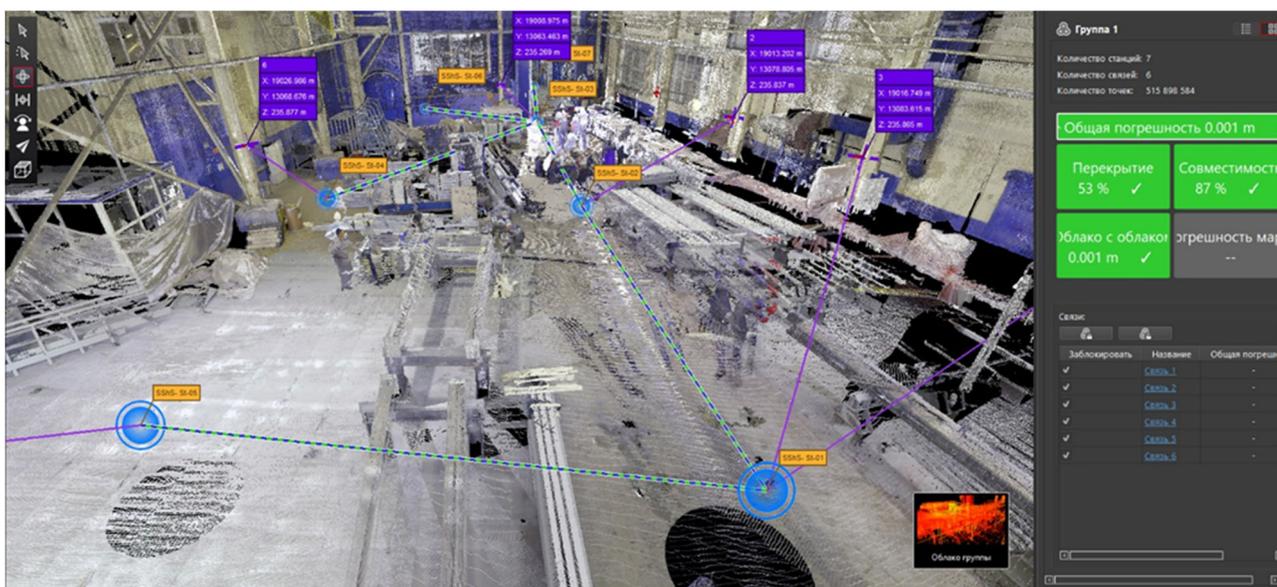


Рис. 3. Результаты сканирования с помощью НЛС внутри действующего цеха

По данным наземного лазерного сканера внутри зданий и сооружений можно выполнять контроль и оформление исполнительных съемок на основные конструкции каркаса здания. Такие работы предлагается выполнять также в программе 3D СКАН. На первом этапе из всего облака выделяются точки, которые относятся к несущим конструкциям, в нашем случае – металлические колонны.

Фильтрация результатов сканирования выполняется с помощью команд – «Пороговый фильтр» и «Выделение в конуре». Фильтр может применяться по следующим параметрам: координаты X , Y , Z , интенсивность, градиент, кривизна, высота над рельефом, угол сканирования. Координаты X , Y , Z в качестве свойств точки для фильтрации по порогу доступны всегда, остальные свойства – при их наличии в облаке точек или после выполнения их расчета. В верхней и нижней части получают сечения определяемой конструкции. Затем, по полученным сечениям, выполняется расчет данных по отклонению колонн от вертикали и оформляются материалы исполнительной съемки.

При строительстве крупных угольных обогатительных фабрик в Кемеровской области производится геодезический мониторинг с помощью БЛА (рис. 4).



Рис. 4. Геодезический мониторинг строительства сооружений с помощью БЛА

На данном объекте каждый месяц выполнялась съемка всего строительства площадью около 20 Га. Накопленные данные позволили вовремя заметить отклонения от проекта и дефекты строительных конструкций, предотвратить обрушения и аварийные ситуации, а также решать спорные вопросы, которые возникали в процессе строительства.

Таким образом, используя совокупность пространственных данных, полученных с БЛА и НЛС, производится более полный контроль за строительством инженерных сооружений и обновление генерального плана всего объекта строительства.

Применение специализированных программ по обработке пространственных данных, полученных с БЛА и НЛС, а также технологии КРЕДО, обеспечивает комплексное решение различных прикладных инженерных задач как в процессе контроля за возводимыми зданиями и сооружениями, так и в период их эксплуатации.

Заключение

В статье описана методика использования беспилотных летательных аппаратов и наземного лазерного сканера при геодезическом контроле за возводимыми промышленными зданиями и сооружениями. Установлено, что с применением беспилотных летательных аппаратов и обработки пространственных данных можно производить контроль за земляными работами, свайными полями, фундаментами, временными дорогами и благоустройством территории. Такие конструкции, как металлические и железобетонные колонны, фермы, балки, технологическое оборудование, сложные надземные узлы трубопроводов нельзя контролировать с помощью БЛА. Для таких целей следует использовать наземный лазерный сканер. Данные с БЛА и НЛС можно объединять в один проект и совместно обрабатывать для комплексного решения различных прикладных инженерных задач.

Благодаря созданию и ведению цифрового дежурного плана время на внесение изменений в проектную документацию значительно сокращается, что позволяет снизить различные виды издержек и не выходить за графики производства работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года [Электронный ресурс] : Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573864374>.
2. Азаров Б. Ф., Опара В. В. BIM-технологии: проектирование, строительство, эксплуатация // Ползуновский альманах. – 2018. – № 2. – С. 8–11.
3. Jernigan F., Jernigan F. BIG BIM little bim. Second edition // Salibrary: 4 Site Press, 2008. – 328 p.
4. Развитие системы контроля за ходом строительно-монтажных работ на основе комплексного применения программных продуктов Primavera P6 Professional R8.3.2 и ArchiCAD 17.0.0 / В. П. Грахов, Ю. Г. Кислякова, У. Ф. Симакова, Д. А. Мушаков // Наука и техника – 2017. – Т.16, № 6. – С. 466–474.
5. Об утверждении правил «Формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов» : поста-

новление Правительства РФ от 15.09.2020 № 1431 [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. Колобов Р. В. Оцифрованный город. Опыт создания и ведения цифрового дежурного плана на примере города Хабаровска // Земля и недвижимость Сибири. – 2010. – № 22. – С. 29–31.

7. Владыкина А. В., Долидович А. В., Жеребцова Т. Б. Ведение дежурного топографического плана масштаба 1:500 на территорию городского округа Барнаул // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. – С. 218–223.

8. Инженерные изыскания для строительства: практика и опыт Мосгоргеотреста // гл. ред. Антипов А.В., Осипов В.И. – М : ООО Издательство «Проспект», 2012. – 352 с.

9. Кулага И. И., Чахлова А. П. О необходимости создания текущих дежурных планов площадки строительства в условиях горной местности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГГА, 2015. Т. 1. – С. 60–63.

10. Тарарин А. М., Никольский Е. К. Совершенствование нормативно-правового и технологического обеспечения ведения дежурного топографического плана города масштаба 1:500 // Приволжский научный журнал. – 2014. – № 32. – С. 224–230.

11. СП 333.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/556793897>.

12. СП 126.13330.2017. Геодезические работы в строительстве [Электронный ресурс]: свод правил // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/550965720>.

13. Создание и ведение топографо-геодезического мониторинга территории сибирского государственного индустриального университета в программах CREDO / Д. Б. Новоселов, В. А. Новоселова, Д. В. Самбурский, И. С. Кирьянов // Сборник материалов XII междунар. науч. конгр. «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016», 18–22 апреля 2016 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Т. 1. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – 244 с.

14. Новоселов Д. Б., Звягинцев Е. А. Создание и ведение цифрового дежурного плана территорий промышленных предприятий // Сборник материалов VIII междунар. науч. конгр. «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012» 10–20 апреля 2012г.: Междунар. Науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. Том 2 – Новосибирск : СГГА, 2012. – С. 37–41.

15. Шоломицкий А. А., Лагутина Е. К., Соболева Е. Л. Высокоточные геодезические измерения при деформационном мониторинге аквапарка // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 3. – С. 45–59.

16. Яндров И. А. Некоторые аспекты применения координатного метода разбивочных работ в строительстве // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2004. – № 5. – С. 41–47.

17. Афонин Д. А. Построение геодезической разбивочной сети, закрепляемой пленочными отражателями // Записки Горного института. – СПб.: РИЦ Горного ун-та. – 2012. – Т. 199. – С. 301–308.

18. Сундаков Я. А. Геодезические работы при возведении крупных промышленных сооружений и высотных зданий – М. : Недра, 1980. – 343 с.

19. Новоселов Д. Б., Шапиро Д. А. Настройка совместного доступа к хранилищу документов через сеть Интернет [Электронный ресурс] – режим доступа: https://credodialogue.ru/press-tsentr/публикации/1391-docs_storage_settings.html.

20. Новоселов Д. Б. Создание корпоративной базы данных с использованием SQL Server 2008 R2 Express // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2012. - № 3(46). – С. 40-43.

21. Новоселов. Д. Б., Минхаиров Ф.А. Опыт внедрения квадрокоптера, ПО Photoscan и технологий КРЕДО при выполнении топографических съемок [Электронный ресурс] – режим доступа: www.credo-dialogue.ru/press-tsentr/публикации/1425-kvadro_photoscan_credos_implementation.html.

22. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01–87. – М., 2013.

© А. Г. Неволин, Д. Б. Новоселов, 2021