

На правах рукописи

Новоселов Денис Борисович



Совершенствование методики геодезического обеспечения строительства
и эксплуатации промышленных предприятий в горнодобывающей отрасли

1.6.22. Геодезия

Автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Новосибирск – 2021

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (СГУГиТ).

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Неволин Анатолий Геннадьевич.

Официальные оппоненты:

Щербаков Владимир Васильевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения», заведующий кафедрой инженерной геодезии;

Сердаков Леонид Евгеньевич, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера» Сибирского отделения Российской академии наук, старший научный сотрудник сектора 1–31.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет» (г. Тюмень).

Защита диссертации состоится 7 декабря 2021 г. в 15-00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.402.01 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» по адресу: 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, СГУГиТ, ауд. 402.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»: <https://sgugit.ru/science-and-innovations/dissertation-councils/dissertations/novoselov-denis-borisovich/>

Автореферат разослан 18 октября 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Аврунев Евгений Ильич

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 01.10.2021. Формат 60 × 84 1/16.

Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 126.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плеханова, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плеханова, 8.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одной из важных задач современного развития геодезической науки и практики является повышение эффективности производства инженерно-геодезических работ при наименьших затратах средств, труда и времени. В настоящее время строительство инженерных сооружений требует качественных топографо-геодезических данных и, как следствие этого, применения новых методов и технических средств измерений для выполнения геодезического сопровождения и мониторинга. Развитие электронной, спутниковой, лазерной и беспилотной техники, а также компьютерных и цифровых технологий позволяет существенно усовершенствовать методики, используемые в геодезическом обеспечении строительства и эксплуатации объектов в горнодобывающих промышленных предприятиях.

С применением современных технологий для сбора и обработки пространственных данных повысился уровень требований к квалификации геодезистов и маркшейдеров. Появилась необходимость максимально автоматизировать процессы выполнения полевых и камеральных геодезических работ. При этом важной является разработка новых методов работы с применением автоматизированных технологий для выполнения геодезического контроля инженерных сооружений на горнодобывающих промышленных предприятиях.

Поэтому совершенствование методики геодезического обеспечения строительства и эксплуатации объектов на предприятиях горнодобывающей промышленности с применением автоматизированных технологий для производства измерений и обработки пространственных данных является актуальной научно-технической задачей.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в развитие прикладной геодезии применительно к задачам геодезического мониторинга, наблюдениям за деформациями инженерных сооружений и автоматизации об-

работки пространственных данных внесли отечественные и зарубежные ученые: Асташенков А. Г., Васютинский И. Ю., Карпик А. П., Ключин Е. Б., Коносов В. Г., Коугия В. А., Комиссаров А. В., Лебедев Н. Н., Левчук Г. П., Маркузе Ю. И., Неволин А. Г., Никитин А. В., Новак В. Е., Пигин А. П., Рязанцев Г. Е., Пискунов М. Е., Столбов Ю. В., Тамутис З. П., Уставич Г. А., Шоломицкий А. А., Щербаков В. В., Ямбаев Х. К., Amiri-Simkoeei A. R., Asgari J., Zangeneh-Nejad F. и многие другие.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является совершенствование методики геодезического обеспечения строительства и эксплуатации объектов на горнодобывающих промышленных предприятиях Кемеровской области.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие основные научно-технические задачи:

- проанализировать современное состояние геодезического обеспечения промышленных территорий в горнодобывающей отрасли;
- усовершенствовать методику геодезического обеспечения строительства и эксплуатации промышленных объектов на горнодобывающих предприятиях;
- исследовать методы создания и актуализации дежурных планов промышленных предприятий с применением наземных лазерных сканеров, беспилотных летательных аппаратов и современных компьютерных программ для обработки пространственных данных;
- выполнить экспериментальное исследование усовершенствованной методики геодезического обеспечения строительства и эксплуатации объектов на примерах производственных горнодобывающих промышленных предприятий Кемеровской области.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является геодезический мониторинг инженерных сооружений промышленных предприятий на территории Кузбасса.

Предметом исследования является методика геодезического обеспечения строительства и эксплуатации зданий и сооружений горнодобывающих промышленных предприятий Кемеровской области.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- усовершенствована методика геодезического обеспечения строительства и эксплуатации объектов горнодобывающих предприятий, позволяющая повысить качество и надежность результатов геодезического контроля за счет комплексного применения современных измерительных систем и обработки пространственных данных;

- улучшены технологические решения по производству нивелирования и математической обработки результатов наблюдения за осадками фундаментов промышленных предприятий для автоматизации полевых и камеральных работ с применением цифровых нивелиров и специализированного программного обеспечения;

- разработана технологическая схема создания и актуализации цифровых трехмерных дежурных планов промышленных предприятий с применением наземных лазерных сканеров, беспилотных летательных аппаратов и современных программных продуктов, которая дает более полную и оперативную информацию для обеспечения устойчивого развития промышленных территорий и принятия управленческих решений.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы.

Теоретическая значимость заключается в развитии методики геодезического обеспечения строительства и эксплуатации объектов на горнодобывающих промышленных предприятиях, а также в создании и ведении дежурного плана промышленной территории с совместным использованием беспилотных летательных аппаратов и наземных лазерных сканеров.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанная методика геодезического обеспечения строительства и эксплуатации предприя-

тий горнодобывающей промышленности Кузбасса может быть использована для повышения точности и надежности результатов геодезического контроля, а также продления срока службы несущих конструкций и технологического оборудования для обеспечения их безаварийной эксплуатации.

Методология и методы исследования. В диссертационной работе использовались современные измерительные системы, программно-технические средства, автоматизированные методы математической обработки пространственных данных, методы априорной оценки точности, программирования и трехмерного компьютерного моделирования. Разработанные алгоритмы, основанные на теоретических и экспериментальных исследованиях, опробованы на примерах действующих объектов промышленного назначения.

Положения, выносимые на защиту:

- усовершенствованная методика геодезического обеспечения строительства и эксплуатации объектов горнодобывающих предприятий, позволяющая повысить качество результатов геодезического контроля за счет комплексного применения современных автоматизированных систем измерений и обработки пространственных данных;

- усовершенствованные технологические процессы нивелирования и математической обработки результатов наблюдения за осадками фундаментов промышленных зданий и сооружений для производства полевых и камеральных работ с применением цифровых нивелиров и специализированного программного обеспечения;

- технологическая схема создания и актуализации цифровых дежурных планов промышленных предприятий с учетом совместного применения наземных лазерных сканеров, беспилотных летательных аппаратов и специализированных компьютерных программ, обеспечивающая повышение оперативности и надежности геодезического контроля инженерных сооружений промышленных предприятий в горнодобывающей отрасли.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация соответствует областям исследования: 6 – Геодезическое обеспечение изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации крупных инженерных комплексов, в том числе гидротехнических сооружений, атомных и тепловых электростанций, промышленных предприятий, линейных сооружений. Геодезический контроль ведения технического надзора при строительстве и эксплуатации нефтегазодобывающих комплексов; 9 – Геодезическое информационное обеспечение устойчивого развития территорий на основе ГИС-технологий. Принципы формирования, состав и структура геоинформационного пространства, отображающего совокупность пространственных характеристик территорий паспорта научной специальности 25.00.32 – Геодезия, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки России.

Степень достоверности и апробация полученных результатов.

Результаты диссертационного исследования, практические рекомендации и выводы докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях и конгрессах:

- Международных научных конгрессах «ГЕО-Сибирь», «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» (с 2008 по 2016 г., 2021 г., Новосибирск);
- Конференции «TERRA CREDO» (23–26 марта 2010 г., Минск);
- VII Международной конференции «Современные технологии изысканий, проектирования, строительства и геоинформационного обеспечения» (18–20 октября 2011 г., Москва);
- Международных научно-практических конференциях «Геопространственные технологии и сферы их применения» (с 2012 по 2014 г., Москва);
- FIG Workshop «Global trends and convergence in Surveying Education» (26–28 September 2012, Moscow);
- VIII Международной конференции «Современные технологии изысканий, проектирования, строительства и геоинформационного обеспечения» (13–15 ноября 2012 г., Санкт-Петербург);

- Юбилейной конференции «Технологии CREDO – нам 25 лет!» (25–26 ноября 2014 г., Минск);
- Международном форуме «ГЕОСТРОЙ 2019 – Геопространственное обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений» (27–29 марта 2019 г., Новосибирск);
- Юбилейной конференции «30 лет информационного моделирования в КРЕДО» (29 октября 2019 г., Москва).

Разработанные методы геодезического обеспечения строительства и эксплуатации объектов промышленных предприятий основываются на теоретических исследованиях и накопленном производственном опыте ведущих российских и зарубежных ученых. Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается экспериментальными расчетами точности, применением трехмерных моделей осадок и материалами геодезического мониторинга действующих объектов горнодобывающих промышленных предприятий. Практическое применение разработок апробировано на объектах промышленного и культурного назначения при строительстве и эксплуатации сооружений в ООО «ОК «Сибшахтострой», обогатительная фабрика «Распадская», «Спасо-Преображенский собор», на горнолыжном курорте «гора Зеленая» п. г. т. Шерегеш Кемеровской области и т. д.

Публикации по теме диссертации. Основные результаты исследований представлены в 15 научных работах, семь из которых опубликованы в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Структура диссертации. Общий объем диссертации составляет 148 страниц машинописного текста. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы, включающего 183 наименования, содержит 19 таблиц, 50 рисунков и два приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлены актуальность темы, цель и задачи диссертации, степень разработанности темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Освещены методики и результаты исследования, степень достоверности и апробация полученных результатов.

В первом разделе диссертации рассмотрены существующие методы геодезического обеспечения промышленных территорий в горнодобывающей отрасли. В ходе проведенного исследования установлен ряд нерешенных научно-технических задач:

- определение необходимой точности построения геодезической основы в процессе промышленного строительства и эксплуатации для рационального выбора геодезических инструментов и методов измерений;

- математическая обработка и интерпретация пространственных данных при выполнении геодезических полевых и камеральных работ в процессе строительства и эксплуатации промышленных объектов в горнодобывающей отрасли;

- разработка алгоритмов создания и обновления генеральных планов завершенного строительства промышленных объектов с учетом создания и актуализации цифровых дежурных планов с использованием современных технологий – наземных лазерных сканеров, беспилотных летальных аппаратов и программного обеспечения;

- повышение эффективности нивелирных работ при наблюдении за осадками фундаментов при строительстве и эксплуатации промышленных предприятий горнодобывающей отрасли с применением цифрового нивелира в условиях недостаточной освещенности.

Во втором разделе «Разработка методики геодезического обеспечения территорий горнодобывающих промышленных предприятий» рассмотрены методы закрепления планово-высотной основы для создания цифровых дежурных планов.

Для определения координат и высот марок в действующих цехах промышленных предприятий прокладываются линейно-угловые сети 1-го или 2-го разряда в сочетании с геодезическими засечками с помощью электронного тахеометра.

В работе выполнено исследование по созданию геодезического обеспечения строительства и обоснования исполнительных геодезических съемок с помощью линейно-угловых построений. Разработан алгоритм управления точностью полигонометрических построений путем выбора оптимального соотношения весов угловых и линейных измерений с применением критерия оценки точности в виде круга ошибок. При создании съемочного обоснования наибольшее предпочтение имеет критерий в виде круга ошибок, поскольку точность цифрового дежурного плана должна быть одинаковой по всем направлениям.

Известно, что стремление к кругу ошибок соответствует получению наименьшей средней квадратической ошибки положения пункта. Кроме того, в середине изогнутых и вытянутых по форме полигонометрических ходов полуоси эллипсов ошибок совпадают с продольными (m_t) и поперечными (m_u) ошибками независимо от соотношения угловых и линейных измерений.

Для получения круга ошибок ставится следующее условие:

$$\frac{A}{B} = \frac{m_u}{m_t} = 1, \quad (1)$$

где A и B – большая и малая полуоси эллипса ошибок;

m_t и m_u – продольная и поперечная ошибки.

Для обеспечения круга ошибок в середине изогнутого хода получены следующие формулы, определяющие соотношение ошибок измерений углов и длин сторон

$$m_S^2 = \frac{(\sum_1^n S)^2 m_\beta^2 (n+2)(n^2 + 2n + 4)(1 - \operatorname{tg}^2 \varphi)}{\rho^2 48n^2 (n+1) \left(1 - \frac{n^2 + 2n + 4}{4(n+1)^2} \operatorname{tg}^2 \varphi\right)}, \quad (2)$$

$$m_{\beta}^2 = \frac{\rho^2 m_S^2 48n^2 (n+1) (1 - \frac{n^2 + 2n + 4}{4(n+1)^2} \operatorname{tg}^2 \varphi)}{(\sum_1^n S)^2 (n+2) (n^2 + 2n + 4) (1 - \operatorname{tg}^2 \varphi)}, \quad (3)$$

где m_s – средняя квадратическая ошибка измерения длин сторон;

m_{β} – средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных углов;

$\sum_1^n S$ – сумма длин сторон (длина хода);

φ – угол между направлением на средний пункт и замыкающей хода, характеризующий его степень изогнутости;

n – количество сторон в ходе.

Для вытянутого по форме или прямолинейного (при $\varphi = 0^\circ$) хода получены формулы

$$m_{\beta}^2 = \frac{\rho^2 m_S^2 48n^2 (n+1)}{(\sum_1^n S)^2 (n+2) (n^2 + 2n + 4)}, \quad (4)$$

$$m_S^2 = \frac{(\sum_1^n S)^2 m_{\beta}^2 (n+2) (n^2 + 2n + 4)}{\rho^2 48n^2 (n+1)}. \quad (5)$$

Общую ошибку M положения среднего пункта можно подсчитать по формуле

$$M^2 = \frac{nm_S^2}{4} + \frac{(\sum_1^n S)^2 m_{\beta}^2 (n+2) (n^2 + 2n + 4)}{\rho^2 192n(n+1)}. \quad (6)$$

На рисунке 1 представлен проект линейно-угловой сети, проложенной внутри действующего промышленного предприятия для определения координат и высот марок для наземного лазерного сканера (НЛС).

Общие ошибки (M) в положении пунктов 3 и 7 полигонометрических ходов 1 и 2 в 2,5 мм можно обеспечить при точности измерений углов $m_{\beta} = 5,0''$ и длин сторон $m_s = 1,5$ мм (таблица 1).

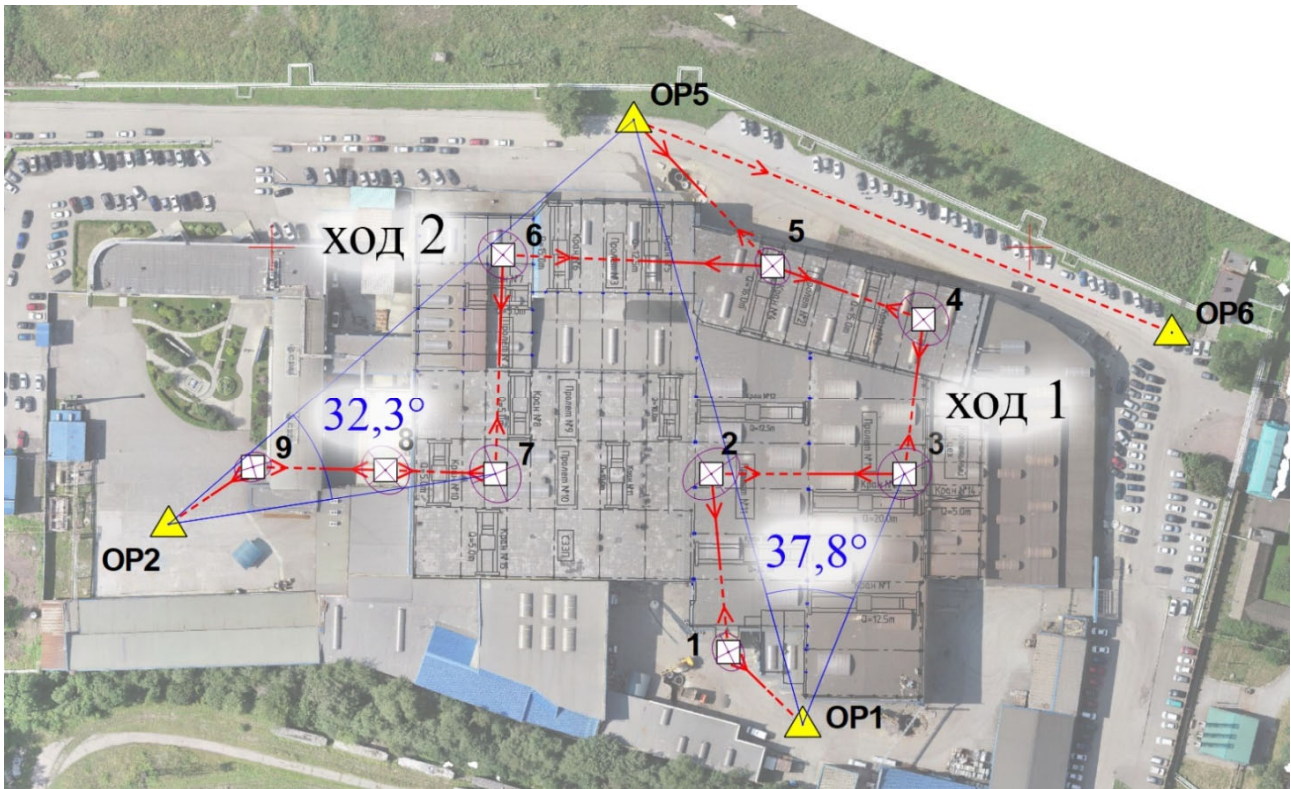


Рисунок 1 – Проект линейно-угловой сети внутри действующих промышленных цехов

Таблица 1 – Результаты оценки точности изогнутых ходов 1 и 2

Ход	Пункт	M	R	A	B	m_β	m_s	$\sum_1^n S$
1	3	2,5 мм	1,7 мм	1,7 мм	1,7 мм	5,0"	1,5 мм	262,2 м
2	7	2,5 мм	1,8 мм	1,8 мм	1,8 мм	5,0"	1,5 мм	273,5 м

Таким образом, предлагаемый алгоритм предвычисления точности полигонометрических ходов любого назначения на этапе их проектирования с помощью критерия в виде круга ошибок можно применять на производственных объектах, что подтверждено выполненными исследованиями в диссертации.

В работе предложена технологическая схема (рисунок 2) создания и актуализации дежурных планов промышленных предприятий с применением НЛС, беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и современных компьютерных программ для обработки пространственных данных.



Рисунок 2 – Технологическая схема геодезических работ на объекте для ведения цифрового дежурного плана

На первом этапе создания дежурного плана необходимо выполнить сбор исходных материалов на заданную территорию в виде планшетов масштаба 1 : 500 в бумажном или отсканированном виде. Данные планшеты должны быть трансформированы в местную систему координат. Затем для полноценного использования цифрового дежурного плана планшеты необходимо перевести в цифровой вид и внести изменения, произошедшие на местности.

Для ведения дежурного плана на территории горнодобывающего промышленного предприятия необходимо создать систему управления хранилищем документов, которая позволяет работать над цифровым дежурным планом специалистам различных подразделений. Любые изменения, выявленные на местно-

сти с помощью БЛА и НЛС, должны быть максимально быстро внесены в цифровой дежурный план чтобы быть доступными всем его пользователям.

Для оценки точности массива пространственных данных, полученных с БЛА, на промышленной площадке были использованы 100 контрольных точек. Выполнено сравнение отметок данных точек, измеренных классическим методом и полученных из плотного облака точек БЛА. Средняя разница отметок составила 34 мм. Массивы пространственных данных, полученных с использованием БЛА и НЛС можно объединять в один проект и совместно обрабатывать.

Применение специализированных программ по обработке пространственных данных, полученных с помощью БЛА и НЛС, позволяет оперативно обновлять дежурные планы промышленных предприятий, а также обеспечить комплексное решение различных прикладных инженерных задач как в процессе контроля за возводимыми зданиями и сооружениями, так и в период их эксплуатации.

В третьем разделе «Технологические особенности наблюдения за осадками сооружений на примере горнодобывающих промышленных предприятий» рассмотрены автоматизированные методы нивелирных работ и создание высотной основы для наблюдения за деформациями зданий и сооружений.

Для анализа устойчивости опорных пунктов и повышения надежности принятия решения предложен способ выбора наиболее стабильного исходного пункта по высоте на основе ноль-свободных нивелирных сетей. Математический аппарат уравнивания и оценки точности ноль-свободных нивелирных сетей положен в основу определения вертикальных перемещений грунтовых реперов при исследовании деформаций инженерных сооружений. Решение задачи по определению характеристик $\overline{G}_{m \times 1}$ стабильности реперов нивелирной сети, в которой m – количество определяемых пунктов, можно сделать на основе следующего матричного выражения:

$$\overline{G}_{m \times 1} = \overline{B}_{m \times m}^{-1} \overline{W}_{m \times 1}, \quad (7)$$

где $\overline{B}_{m \times m}^{-1}$ – преобразованная (неособенная) матрица коэффициентов нормальных уравнений;

$$\overline{B}_{m \times m} = B_{m \times m} + Z_{m \times m}, \quad (8)$$

где $Z_{m \times m}$ – матрица, все элементы которой равны единице;

$B_{m \times m}$ – особенная матрица, определитель которой равен нулю;

$$B_{m \times m} = A_{m \times n} P_{n \times n} A_{n \times m}, \quad (9)$$

где $A_{m \times n}$ – структурная матрица нивелирной сети;

$P_{n \times n}$ – матрица весов измеряемых превышений;

n – количество измеренных превышений.

В формуле (7) $\overline{W}_{m \times 1}$ является вектором невязок

$$\overline{W}_{m \times 1} = A_{m \times n} P_{n \times n} \Delta h_{n \times 1}, \quad (10)$$

где $\Delta h_{n \times 1} = h_{n \times 1}^j - h_{n \times 1}^i$ – матрица-столбец разностей одноименных превышений между двумя циклами наблюдений, вычисленных по уравненным отметкам реперов нивелирной сети.

Признаком стабильности репера по высоте считается минимальное отклонение от выбранной уровенной поверхности в ноль-свободной нивелирной сети. В таблице 2 приведены результаты сравнительного анализа вертикальных перемещений реперов опорной нивелирной сети.

В таблице 2 g_i – элемент матрицы $\overline{G}_{5 \times 1}$; S_i – параметр стабильности по способу Рунова И. В., основанный на взаимном смещении реперов по высоте относительно друг друга; σ_i – коэффициент устойчивости по технологии КРЕДО.

Таблица 2 – Результаты сравнительного анализа вертикальных перемещений

Название реперов	Способ ноль-свободных сетей g_i (мм)	Способ Рунова И. В. $S_i = \frac{\sum \Delta h_{ij}}{n-1}$ (мм)	Способ Кредо $\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum (\Delta H_j^k)^2}{n-1}}$ (мм)
R_1	+2,1	-2,6	+3,4
R_2	-0,4	+0,5	+2,4
R_3	-3,2	+4,0	+4,3
R_4	+2,6	-3,2	+3,8
R_5	-1,1	+1,4	+2,7

Из таблицы 2 видно, что репер R_2 во всех случаях получил наилучшие значения параметров стабильности. В большинстве способов анализа стабильности по высоте, в том числе способах Рунова И. В. и КРЕДО, каждый контрольный пункт поочередно принимается в качестве опорного, для которого вычисляется коэффициент устойчивости. Это приводит к увеличению объема расчетов, особенно при анализе устойчивости большого количества опорных пунктов или осадочных марок.

Отличием алгоритма анализа стабильности, предложенного в диссертации, является расчет осадок по отметкам или одноименным превышениям только связующих реперов нивелирной сети. В этом случае исключается необходимость перебора всевозможных связей между пунктами, устраняются излишние вычислительные процедуры, что не влияет на качество окончательных результатов. Вместе с тем алгоритм позволяет расширить существующую аналитику для выбора устойчивых реперов и повысить надежность принятия решения.

В четвертом разделе рассмотрено применение усовершенствованной методики геодезического обеспечения строительства и эксплуатации объектов промышленных предприятий (рисунок 3).

Алгоритм оптимального проектирования планово-высотных геодезических сетей применен для линейно-угловой сети на горнолыжном комплексе г. Зеленая в п.г.т. Шерегеш Кемеровской области.



Рисунок 3 – Схема геодезических работ на промышленном объекте для выполнения геодезического мониторинга

На рисунке 4 представлен полигонометрический ход 4-го класса изогнутой формы, построенный на горнолыжном комплексе г. Зеленая. В данном ходе длина $\sum_1^n S = 7\,464$ м, $m_{\beta} = 3''$, $\varphi = 31,5^\circ$, $n = 8$. В результате вычисления по формулам (2) и (3) получаются следующие оценки: $m_s = 15,7$ мм, $R = 25,2$ мм, $M = 36,7$ мм для среднего пункта 3.

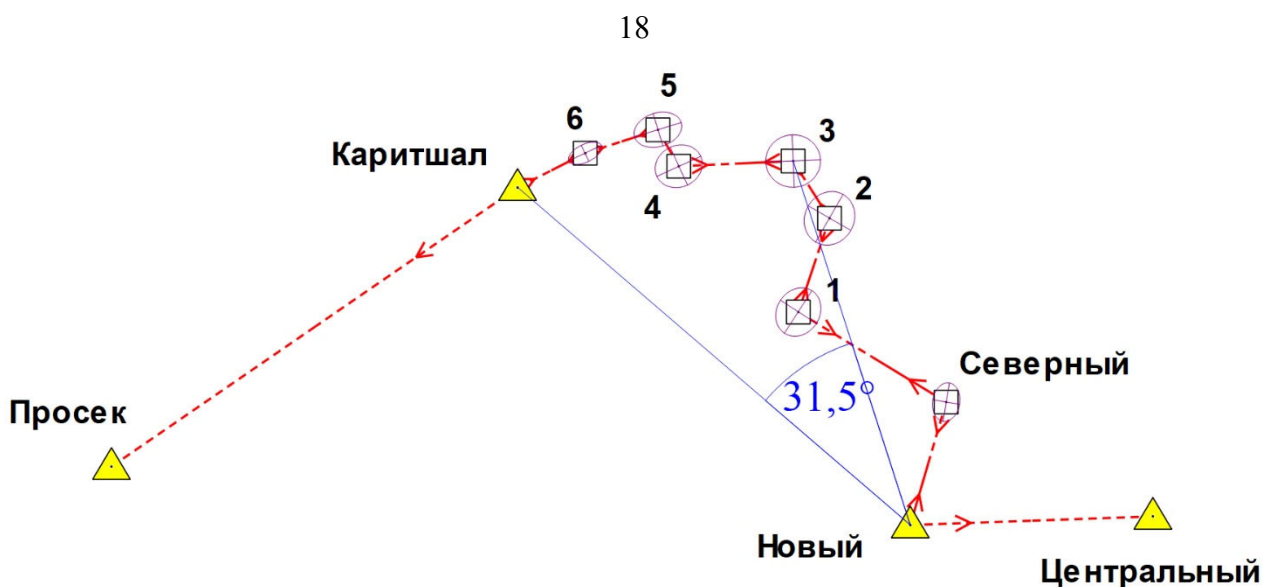


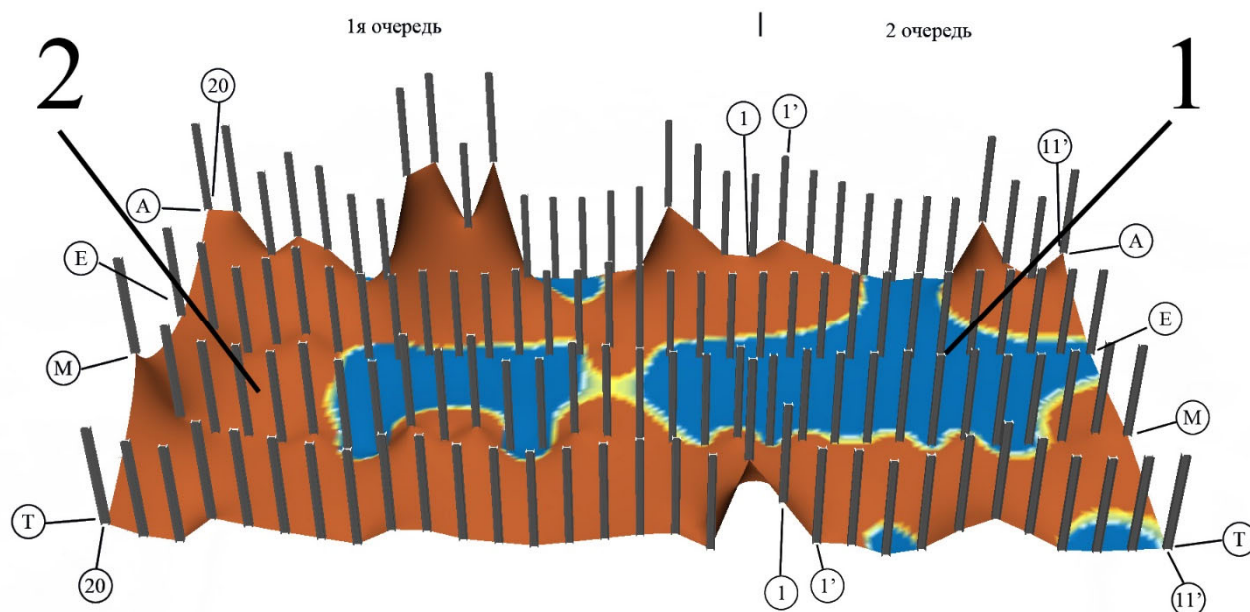
Рисунок 4 – Полигонометрический ход 4-го класса в п. г. т. Шерегеш

Полученные результаты дают необходимую информацию для составления программы работ, обеспечивающей требуемую точность результатов при минимальных затратах средств и времени, для рационального выбора геодезического оборудования.

Теоретические и практические основы нивелирования и математической обработки результатов наблюдения за осадками фундаментов апробированы на действующем промышленном объекте – обогатительной фабрике «Распадская» (ОФ «Распадская») и Спасо-Преображенском соборе.

В работе применены пространственные методы анализа результатов нивелирования, позволяющие установить трехмерную модель деформаций по всей площади основания сооружения, в которой наглядно определяются области неравномерных осадок, и есть возможность построения профилей осадок по любому направлению.

Выполнено лабораторное и практическое исследование работы цифрового нивелира Trimble DiNi 12 в условиях недостаточной освещенности на производстве в главном цехе ОФ «Распадская». Установлено, что для нормальной работы цифрового нивелира в производственном цехе необходимо освещать штрихкодую рейку силой света более 20 люкс. По полученным данным была разработана трехмерная пространственная модель освещенности (рисунок 5).



1 – места, где уровень освещенности меньше 20 люкс; 2 – места, где цифровой нивелир уверенно работает и нет необходимости использовать дополнительное освещение

Рисунок 5 – Трехмерная модель освещенности внутри главного корпуса
ОФ «Распадская»

При определении порога освещенности штрихкодовой рейки было выявлено, что с увеличением расстояния между цифровым нивелиром и штрихкодовой рейкой с 5 до 20 м требуется меньше освещать рейку, чтобы прибор регистрировал отсчет. Это обусловлено тем, что при большем расстоянии устройство считывает коды с большого участка на штрихкодовой рейке. Данные трехмерной пространственной модели освещенности позволяют сократить время выполнения измерений при последующих циклах наблюдений.

Рассмотрено использование беспилотного летательного аппарата и наземного лазерного сканера при геодезическом контроле за возводимыми зданиями и сооружениями. Установлено, что с применением БЛА и обработки пространственных данных при строительстве и реконструкции промышленных зданий и сооружений можно производить контроль за земляными работами, свайными полями, фундаментами, временными дорогами и благоустройством территории. Для контроля за такими конструкциями, как металлические и железобетонные

колонны, фермы, балки, технологическое оборудование, сложные надземные узлы трубопроводов и внутреннее пространство строящихся объектов, целесообразно использовать наземный лазерный сканер.

При строительстве крупных угольных обогатительных фабрик в Кемеровской области в компании ООО «ОК «Сибшахтострой» внедрен в производство мониторинг строительства с помощью БЛА и НЛС. Каждый месяц выполняется съемка всей строительной площадки площадью около 20 га. Накопленные данные позволяют вовремя обнаружить фактические отклонения от проекта и дефекты строительных конструкций, предотвратить обрушения и аварийные ситуации, а также решать спорные вопросы, которые возникали в процессе строительства.

Таким образом, при использовании совокупности пространственных данных, полученных с беспилотного летательного аппарата, наземного лазерного сканера, цифрового нивелира, электронного тахеометра, производится более полный контроль за строительством инженерных сооружений и своевременное обновление генерального плана всего объекта строительства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении диссертации подведены итоги исследования:

– выполнен анализ современного состояния геодезического обеспечения строительства и эксплуатации объектов промышленных территорий в горнодобывающей отрасли, на основе которого сформулированы цели и задачи научного исследования диссертационной работы;

– усовершенствована методика геодезического обеспечения строительства и эксплуатации промышленных объектов на горнодобывающих предприятиях, позволяющая повысить качество и надежность результатов геодезического контроля за счет комплексного применения современных измерительных систем и обработки пространственных данных;

– разработана технологическая схема создания и актуализации дежурных планов горнодобывающих предприятий Кузбасса с применением наземных лазерных сканеров, беспилотных летательных аппаратов и современных компьютерных программ в целях получения подробной информации для планирования устойчивого развития промышленных территорий и принятия управленческих решений;

– выполнено экспериментальное исследование усовершенствованной методики геодезического обеспечения строительства и эксплуатации объектов на примерах горнодобывающих промышленных предприятий Кемеровской области, которое показало высокую эффективность предложенных технологических решений для производства геодезического мониторинга.

Перспектива дальнейших исследований заключается в развитии методов геодезического обеспечения строительства и эксплуатации промышленных объектов при появлении новых средств измерений и частичной или более полной автоматизации процессов выполнения геодезических измерений при геодезическом мониторинге инженерных сооружений промышленных предприятий.

Разработанная в диссертации методика геодезического обеспечения строительства и эксплуатации инженерных сооружений рекомендуется к использованию для сокращения времени выполнения геодезических измерений и повышения надежности производства при геодезическом контроле строительства, реконструкции и эксплуатации крупных промышленных предприятий горнодобывающей отрасли.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Новоселов, Д. Б. Применение классического метода топографической съемки с использованием современных технологий при создании планово-высотной сети для проектирования горнолыжных трасс / Д. Б. Новоселов,

Б. А. Новоселов. – Текст : непосредственный // Инженерные изыскания. – 2010. – № 9. – С. 66–69.

2 Новоселов, Д. Б. Проектирование и создание линейно-угловой сети на горнолыжном комплексе г. Зеленая / Д. Б. Новоселов. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2011. – № 6. – С. 11–17.

3 Новоселов, Д. Б. Геодезический контроль строительства и эксплуатации главного корпуса обогатительной фабрики «Распадская» с применением современных технологий / Д. Б. Новоселов, Б. А. Новоселов. – Текст : непосредственный // Инженерные изыскания. – 2011. – № 12. – С. 60–65.

4 Новоселов, Д. Б. Современные методы наблюдений за деформациями на особо опасных промышленных предприятиях / Д. Б. Новоселов. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2012. – № 12. – С. 26–30.

5 Новоселов, Д. Б. Опыт создания и ведения дежурного топографического плана динамично развивающейся промышленной территории / Д. Б. Новоселов, Б. А. Новоселов. – Текст : непосредственный // Инженерные изыскания. – 2013. – № 4. – С. 34–38.

6 Новоселов, Д. Б. Высокоточное нивелирование цифровым нивелиром в условиях недостаточной освещенности / Д. Б. Новоселов. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2013. – № 8. – С. 14–17.

7 Новоселов, Д. Б. Создание и внедрение туристских информационных систем на базе трехмерных виртуальных моделей местности / Д. Б. Новоселов, В. А. Новоселова. – Текст : непосредственный // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 2. – С. 115–118.

8 Новоселов, Д. Б. Использование трехмерных виртуальных моделей местности в учебном процессе / Д. Б. Новоселов, В. А. Новоселова. – Текст : непосредственный // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 1, ч. 2. – С. 59–63.

9 Новоселов, Д. Б. Геодезический контроль строительства и эксплуатации главного корпуса обогатительной фабрики «Распадская» / Д. Б. Новоселов, Б. А. Новоселов. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 1. – С. 66–71.

10 Новоселов, Д. Б. Исследование работы высокоточного цифрового нивелира в условиях недостаточной освещенности / Д. Б. Новоселов, Б. А. Новоселов. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. – С. 117–121.

11 Новоселов, Д. Б. Применение современных компьютерных технологий при обработке и анализе результатов наблюдений за деформациями зданий и сооружений / Д. Б. Новоселов, Д. В. Самбурский. – Текст : непосредственный // 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. 39–43.

12 Новоселов, Д. Б. Технология автоматизированного сбора и обработки результатов наблюдений за кренами и осадками здания Спасо-Преображенского собора в г. Новокузнецке / Д. Б. Новоселов, Б. А. Новоселов, Е. А. Звягинцев. – Текст : непосредственный // 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 : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 119–125.

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. –

Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. – С. 122–128.

14 Новоселов, Д. Б. Опыт внедрения квадрокоптера, ПО Photoscan и технологий КРЕДО при выполнении топографических съемок / Д. Б. Новоселов, Ф. А. Минхаиров. – URL: https://credo-dialogue.ru/press-tsentr/publications/1425-kvadro_photoscan_credo_implementation.html. – Текст : электронный.

15 Неволин А. Г. Создание и ведение цифровых дежурных планов при строительстве горнодобывающих предприятий Кемеровской области / А. Г. Неволин, Д. Б. Новоселов. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVII Междунар. науч. конгр., 19–21 мая 2021 г., Новосибирск : сб. материалов в 8 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – С. 25–34.