ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ

FEATURES OF AUTOMATION OF MARKSHADING WORKS

УДК 622

Смоленцева Анастасия Михайловна, студент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезии», Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск

Научный руководитель: Рупосов Виталий Леонидович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезии»., Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск

Smolentseva Anastasia Mikhailovna

Academic Supervisor: Ruposov Vitaly Leonidovich

Аннотация. В статье анализируются особенности автоматизации маркшейдерских работ. Рассматриваются системы автоматизированного планирования маркшейдерских работ и картографирования с применением беспилотных летательных аппаратов, приводится алгоритм создания календарного плана горнодобывающего предприятия. Изучаются современные системы автоматизации мониторинговых наблюдений и обработки маркшейдерских измерений, повышающие их достоверность и позволяющие увеличить безопасность условий труда.

Annotation. The article analyzes the features of automation of mine surveying work. The systems of automated planning of mine surveying and mapping with the use of unmanned aerial vehicles are considered, an algorithm for creating a schedule of a mining enterprise is presented. The modern systems of automation of monitoring

observations and processing of mine surveying measurements, which increase their reliability and allow to increase the safety of working conditions, are being studied.

Ключевые слова: автоматизация, маркшейдерские работы, горное дело, маркшейдерская служба, горнодобывающие предприятия.

Key words: automation, mine surveying, mining, mine surveying service, mining enterprises.

Введение

Рациональность и безопасность проведения горных работ обеспечивается надёжностью функционирования маркшейдерских служб [1]. Перед маркшейдерами горных предприятий стоят задачи, связанные с: проведением маркшейдерских съёмок в горных выработках и геодезических на поверхности земли с нанесением их на планы горных работ; изучением формы, характерной для залежей полезных ископаемых, и распределения их качественных и количественных свойств; планированием производства первоочередных и перспективных горных работ; определением направлений горных выработок и мониторингом правильности их осуществления; надзором за полнотой выемки полезных ископаемых, анализированием и учётом перемещения запасов. Для успешного выполнения этих задач маркшейдерские службы современных горнодобывающих предприятий должны отвечать повышенным требованиям в части технической оснащённости и комплексной автоматизации процессов.

Целью работы является изучение особенностей автоматизации маркшейдерских работ. Для её достижения были применены методы анализа и синтеза научных публикаций и литературных источников по рассматриваемой теме.

Автоматизация мониторинговых наблюдений

В функции маркшейдерских служб горнодобывающих предприятий входит проведение мониторинга состояния недр, включающего отслеживание сдвигов земной поверхности и горных пород, геодинамических и геомеханических процессов в ходе недропользования для предотвращения вредного воздействия

горных разработок на окружающую среду, горные выработки и объекты поверхности [2]. Мониторинговые наблюдения производятся на базе сведений о перемещении отдельных реперов, которые закрепляются на земной поверхности и образуют систему, называемую наблюдательной станцией. Обустройство таких станций и проведение инструментальных маркшейдерских наблюдений часто выполняются в зонах потенциальной опасности, которые склонны к деформированию, обрушению и осыпанию.

Для минимизации факторов риска при проведении мониторинга используются комплексные системы автоматизации, позволяющие проводить наблюдения и измерения дистанционно. Системы предполагают непрерывный мониторинг, охватывающий площадь всего объекта горных работ, и оперативное реагирование в случае обнаружения отклоняющихся показателей. Автоматизация наблюдений значительно повышает их достоверность и позволяет увеличить безопасность условий труда.

Автоматизированное планирование маркшейдерских работ

Эффективное планирование маркшейдерских работ представляет собой один из наиболее важных факторов успешной деятельности горнодобывающего предприятия [3]. При планировании требуется просматривать вариативные сценарии развития маркшейдерских работ и выбирать наиболее оптимальные, учитывая большое количество параметров, в чём существенную помощь оказывают автоматизированные программные комплексы.

Основу годового плана развития горнодобывающего предприятия составляет техническая часть, определяющая объёмы извлечения полезных ископаемых и переработки сырья, направления развития и производства горно-подготовительных работ, мероприятия по применению минерального сырья, охране недр и безопасной организации работ. На практике процесс календарного планирования отличается крайней трудоёмкостью, что обусловлено большим количеством параметров, требующих учёта, и тесной взаимосвязью всех принимаемых в плане решений [4]. Чтобы не допустить изменений всего плана вследствие случайных нарушений установленных процессов, необходимо

проведение дополнительных проверок плана на выявление несоответствий, что увеличивает продолжительность планирования. Для снижения трудоёмкости составления плана и повышения его точности применяются горно-геологические информационные системы, функционирующие по следующему алгоритму:

1. Каркасное моделирование элементов системы.

2. Оценка георесурсного потенциала всех элементов.

3. Автоматизированное проектирование календарного плана развития горных и маркшейдерских работ.

4. Имитационное моделирование проведения маркшейдерских работ по разработанному плану в режиме трёхмерной анимации.

5. Оценка соответствия полученного плана стратегическому плану предприятия.

6. Формирование проектной документации.

Автоматизация планирования позволяет эффективнее определять перспективные направления развития маркшейдерских работ за счёт формализации учитываемых данных.

Автоматизированное картографирование

При разработке месторождений значительные перспективы имеет аэрофотосъёмка, проводимая с применением беспилотных летательных аппаратов в автоматическом режиме [5]. Собранные данные оказываются полезны при маркшейдерском сопровождении работ, которое включает:

- подсчёт масштабов добычи;
- осуществление замеров отвалов вскрышных пород, горных выработок и складов с готовой продукцией;
- мониторинг деформаций и сдвижения уступов и бортов карьера;
- разделение добычных блоков по принципу качества минерального сырья и иные операции.

Программные средства дают возможность преобразовывать собранные визуальные данные в цифровую 3D-модель горных выработок, сопоставлять современное положение горных работ с проектными значениями,

автоматизировать подсчёт масштабов горной массы, планировать проведение горных работ и прочее. Построение геометрической трёхмерной основы различных объектов горнодобывающего предприятия с применением метода фотограмметрии позволяет детально изучить снимаемый объект, измерить его линейные размеры, объём, площадь поверхности, координаты заданной точки, и перепады высот [6]. Также автоматизация картографирования обеспечивает периодичность маркшейдерских наблюдений.

Автоматизация обработки маркшейдерских измерений

Благодаря внедрению на горнодобывающих предприятиях современного оборудования и программных продуктов, автоматизирующих обработку маркшейдерских измерений, стало возможным максимальное сокращение временных и трудовых затрат на ведение геолого-маркшейдерской документации [7]. К примеру, системы автоматизации обработки измерений, проводимых в ходе закладочных работ, обладают следующими функциональными возможностями [8]:

- обработка инструментально проведённых маркшейдерских измерений закладки пространства, подвергнутого выработке, и сохранение их в таблицах внутренней базы данных;
- проведение анализа характеристик пульпопровода и пульпы, геометрии выработки и нормативных требований для выбора оптимального проектного расположения закладочных скважин при осуществлении гидравлической закладки;
- расчёт фактических коэффициентов и объёмов закладки выработанного пространства по продольным и поперечным сечениям выработки и сопоставление их с проектными показателями по отдельным выработкам и по комплексам заложенных выработок в границах выделенных зон;
- графическое отображение проводимой закладки на продольных и поперечных сечениях выработки и цифровом плане горных работ;

- моделирование гидравлической закладки, проводимой на продольном разрезе горной выработки, с принятием в расчёт перемычек и нормативных требований;
- формирование и печать текстово-графической типовой отчётности.

Внедрение автоматизированной системы обработки маркшейдерских измерений позволяет повысить эффективность проводимых горных работ.

Заключение

На современном этапе технологического развития маркшейдерская служба горнодобывающего предприятия должна быть оснащена высокопроизводительным и точным оборудованием и обеспечением, таким как сканирующие и геоинформационные системы, системы управления и контроля за состоянием горного массива, системы автоматизированного картографирования и планирования маркшейдерских работ и автоматизированные системы мониторинга. Внедрение указанных инноваций маркшейдерского дела на горнодобывающих предприятиях даст возможность решать производственные задачи на высоком технологическом уровне, повысить уровень техносферной безопасности объекта и снизить производственные риски для сотрудников предприятия.

Список литературы

1. Алтухова Ю.И., Атаманкина А.Ю. Инновации в маркшейдерском деле // Сборник материалов Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Проспект Свободный-2016», посвящённой Году образования в Содружестве Независимых Государств. – Красноярск, 2016. – С. 4-8.
2. Саййидкосимов С.С., Беляев Е.Н. Способы минимизации производственных рисков при организации автоматизированной системы маркшейдерского деформационного мониторинга на открытых горных разработках // XXI век. Техносферная безопасность. – 2020. – Т. 5, № 4 (20). – С. 403-410.
3. Кутовой С.Н. Автоматизация производственных процессов при создании годовых планов развития горных работ / С.Н. Кутовой, А.В. Катаев, Е.М.

Ефимов, А.В. Оверин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 240-250.

4. Стадник Д.А. Совершенствование методических основ автоматизированного календарного планирования развития горных работ при проектировании подземной отработки рудных месторождений / Д.А. Стадник, О.З. Габараев, Н.М. Стадник, А.М. Тедеев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – № 11-1. – С. 189-201.
5. Мацко Н.А. Опыт и перспективы использования цифровых технологий в добывающих отраслях // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2020. – № 6 (225). – С. 7-13.
6. Заверткин С.А. Маркшейдерское обеспечение с высоты птичьего полёта // Уголь. – 2017. – № 5 (1094). – С. 88-91.
7. Хмырова Е.Н. Автоматизация маркшейдерских работ на руднике «Восход» / Е.Н. Хмырова, О.Г. Бесимбаева, А.З. Капасова, М.Б. Игемберлина // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – Т. 1, № 1. – С. 51-55.
8. Кутовой С.Н. Опыт работ по автоматизации обработки маркшейдерских замеров закладки выработанного пространства на рудниках ПАО «Уралкалий» / С.Н. Кутовой, А.В. Катаев, Д.А. Васенин, Е.М. Ефимов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т. 16, № 2. – С. 174-182.

Bibliography

1. Altukhova Yu.I., Atamankina A.Yu. Innovations in mine surveying // Collection of materials of the International Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Prospect Svobodny-2016", dedicated to the Year of Education in the Commonwealth of Independent States. - Krasnoyarsk, 2016 .-- S. 4-8.
2. Sayyidkosimov S.S., Belyaev E.N. Methods for minimizing production risks when organizing an automated system for mine surveying deformation monitoring at

open pit mines // XXI century. Technosphere safety. - 2020. - T. 5, No. 4 (20). - S. 403-410.

3. Kutovoy S.N. Automation of production processes when creating annual plans for the development of mining operations / S.N. Kutovoy, A.V. Kataev, E.M. Efimov, A.V. Overin // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil and gas and mining. - 2019. - T. 19, No. 3. - S. 240-250.
4. Stadnik D.A. Improvement of the methodological foundations of automated scheduling of mining operations in the design of underground mining of ore deposits. Stadnik, O.Z. Gabaraev, N.M. Stadnik, A.M. Tedeev // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). - 2020. - No. 11-1. - S. 189-201.
5. Matsko N.A. Experience and prospects of using digital technologies in the extractive industries // Property relations in the Russian Federation. - 2020. - No. 6 (225). - S. 7-13.
6. Zavertkin S.A. Mine surveying from a bird's eye view // Coal. - 2017. - No. 5 (1094). - S. 88-91.
7. Khmyrova E.N. Automation of mine surveying at the Voskhod mine / E.N. Khmyrova, O. G. Besimbaeva, A.Z. Kapasova, M.B. Igemberlina // Interexpo Geo-Siberia. - 2017. - T. 1, No. 1. - S. 51-55.
8. Kutovoy S.N. Experience of work on automation of processing of mine surveying measurements of backfill in the mines of PJSC "Uralkali" / S.N. Kutovoy, A.V. Kataev, D.A. Vasenin, E.M. Efimov // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil and gas and mining. - 2017. - T. 16, No. 2. - S. 174-182.