Оригинальная статья / Original article

УДК 622.834.53, 331.438, 622.864

DOI: <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-4-403-410>

Способы минимизации производственных рисков при организации автоматизированной системы маркшейдерского деформационного мониторинга на открытых горных разработках

© С.С. Саййидкосимов¹, Е.Н. Беляев²

¹Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

²Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Резюме: Опасными производственными объектами на предприятиях, где ведутся открытые горные работы, являются участки, площадки, в пределах которых имеются зоны, характеризующиеся наличием природных или техногенных факторов, под воздействием которых может возникнуть аварийное состояние объекта ведения горных работ, угроза безопасности жизни и здоровью работающих. При ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых необходимо осуществлять контроль за состоянием бортов, траншей, уступов, откосов и отвалов, а также зон возможных обрушений, осыпей или провалов вследствие ведения горных работ или наличия карстов. Контроль осуществляет маркшейдерская служба предприятия путем проведения инструментальных наблюдений за процессами сдвижения, деформациями земной поверхности, зданий, сооружений, устойчивостью горных выработок. Минимизации факторов риска при проведении инструментальных наблюдений способствует установка стационарных реперов, приспособленных для крепления на них стационарных отражателей и измерительных инструментов. Это позволяет вести мониторинг дистанционно, без присутствия людей в опасной зоне. Работающая в автоматическом режиме система дистанционного мониторинга позволяет выполнять циклы измерений с высокой скоростью и малой периодичностью, что исключает ошибки, связанные с человеческим фактором. Имея постоянно обновляемые параметры наблюдаемого объекта, можно с высокой степенью достоверности прогнозировать состояние объекта, предотвращать аварии или рассчитывать экономические показатели последствий происшествий. Целью данной работы является разработка методики подобного прогнозирования.

Ключевые слова: геомеханические процессы, система деформационного мониторинга, сеть наблюдательных станций, наблюдательная станция

Формат цитирования: 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;5(4):403–410. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-4-403-410>

Ways to minimize production risks when using the automated mine surveying deformation monitoring system at open-pit mines

Sayyidjabbor S. Sayyidkasimov¹, Evgeniy N. Belyaev²

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Republic of Uzbekistan
Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk

Abstract: Hazardous production facilities at open-pit mines are zones characterized by the presence of natural or man-made factors causing emergencies and life safety threats. When conducting mining operations and processing solid minerals, it is necessary to monitor the condition of sides, trenches, ledges, slopes and dumps, and areas of possible collapses or failures. The monitoring is carried out by the mine surveying de-

partment. They conduct instrumental observations of displacement processes, deformations of the earth's surface, buildings, and structures. The stationary benchmarks adapted for attaching stationary reflectors and measuring instruments help to minimize risk factors during instrumental observations. This allows for remote monitoring without the presence of people in danger zones. The automatic remote monitoring system allows for measuring cycles at high speeds and small frequencies, which eliminates errors caused by the human factor. Constantly updated parameters of the monitored object are used to predict the state of the object with a high degree of reliability, prevent accidents or calculate economic indicators of consequences.

Key words: *geomechanical processes, deformation monitoring system, network of observation stations, observation station.*

For citation: Sayyidkasimov SS, Belyaev EN. Ways to minimize production risks when using the automated mine surveying deformation monitoring system at open-pit mines. *XXI vek. Tekhnosferная bezopasnost' = XXI century. Technosphere security.* 2020;5(4):403–410. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2020-3-403-410>

1. ВВЕДЕНИЕ

Необходимость выполнения мониторинга за деформационными процессами и требования к его организации регламентируются нормативно-правовыми документами. Согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»¹ открытые горные работы относятся к опасным производственным объектам (ОПО), поэтому одним из условий их безопасной эксплуатации является выполнение специальных мониторинговых наблюдений.

Опасными производственными объектами на предприятиях, где ведутся открытые горные работы, являются участки и площадки, в пределах которых имеются зоны, характеризующиеся наличием природных или техногенных факторов, могущих привести к аварии, а, следовательно, создать угрозу безопасности жизни людей.

Необходимо как можно раньше распознать такие участки в массиве до того как к ним подошли горные работы, провести профилактические мероприятия,

составить планы ведения горных работ с учетом расположения зон риска [1].

В целях обеспечения безопасного ведения горных работ, ст. 24 Закона Российской Федерации «О недрах»² предусмотрено проведение комплекса геологических, маркшейдерских и иных наблюдений, достаточных для обеспечения нормального технологического цикла работ и прогнозирования опасных ситуаций, своевременное определение и нанесение на планы горных работ опасных зон.

В п. 537 «Правил безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых»³ предусмотрена необходимость организации контроля состояния бортов, траншей, уступов, откосов и отвалов, а также зон

¹О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «ТЕХЭКСПЕРТ». URL: <http://docs.cntd.ru/document/9046058> (12.03.2020).

²О недрах: федер. закон (в редакции Федерального закона от 3 марта 1995 года N 27-ФЗ) (с изменениями на 27 декабря 2019 года) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «ТЕХЭКСПЕРТ». URL: <http://docs.cntd.ru/document/9003403> (12.03.2020).

³Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых: приказ об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «ТЕХЭКСПЕРТ». URL: <http://docs.cntd.ru/document/499066482/> (12.03.2020).

возможных обвалов или провалов вследствие наличия подземных выработок или карстов.

В соответствии с п. 33 «Правил охраны недр»⁴ в задачи маркшейдерского обеспечения использования участка недр входит проведение инструментальных наблюдений за процессами сдвижения горных пород, деформациями земной поверхности, зданий, сооружений, устойчивостью горных выработок (рисунок).

Изучение деформаций подрабатываемой поверхности земли, длительности процесса и величины углов сдвижения пород производят на основе данных перемещения отдельных точек (реперов),

закрепленных на земной поверхности. Систему закрепленных реперов называют наблюдательной станцией. При обустройстве наблюдательных станций и проведении инструментальных маркшейдерских наблюдений работы зачастую выполняются в потенциально опасных зонах, склонных к деформированию, осыпанию и обрушению. Внимание к таким зонам со стороны маркшейдерской службы предприятия обусловлено требованиями к выполнению инструментальных наблюдений за деформациями земной поверхности и массива горных пород, обозначенными в ряде нормативно-правовых документов⁵.

Наблюдения с помощью лазерного сканера за процессами сдвижения массива
Observations with a laser scanner for the processes of displacement of the array

⁴Постановление об утверждении Правил охраны недр (с изменениями на 30 июня 2009 года) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «ТЕХЭКС-ПЕРТ». URL: <http://docs.cntd.ru/document/901865302> (12.03.2020).

⁵РД 07-408-01 Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр: постановление от 22 мая 2001 года N 18 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «ТЕХЭКС-ПЕРТ». URL: <http://docs.cntd.ru/document/901789233>

Ведение мониторинга состояния недр, включая процессы сдвижения горных пород и земной поверхности, геомеханических и геодинамических процессов при недропользовании в целях предотвращения вредного влияния горных разработок на горные выработки, объекты поверхности и окружающую природную среду – вот лишь небольшой перечень функций служб главного геолога и главного маркшейдера. Обязанность исполнения вышеперечисленных функций предусмотрены пунктом 16 «Положения о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр».

Осуществление работ в рамках инструментальных наблюдений за деформационными процессами осуществляется в соответствии со следующими документами:

- «Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости»;

- «Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости»;

- «Инструкция по производству маркшейдерских работ».

Современное состояние горной науки и накопленный опыт позволяют предвидеть причины возникновения опасных ситуаций на открытых горных работах, а своевременное предупреждение и устранение причин их возникновения создает условия для минимизации уровня профессионального риска и обеспечения травмобезопасности рабочих мест.

Разработка и проведение инженерно-технических мероприятий, повышающих травмобезопасность рабочих мест и устраняющих причины, порождающие травматизм, являются главными в деле

создания безопасных условий труда [2].

При проведении маркшейдерских наблюдений на реперах наблюдательной станции задачей работников, работающих с отражателем, является перенос отражателя до репера и его установка на репере. При выполнении этой задачи работники должны передвигаться по берме, на которой находятся реперы, и устанавливая отражатель на репер, который, в свою очередь, должен находиться в пределах призмы возможного обрушения. Необходимо передвигаться по берме, не заходя в зону призмы возможного обрушения и в зону возможного падения камней с борта вышележащего уступа. Зона возможного падения камней с откоса при ударе падающего камня о выступ на откосе, может достигать 6–8 м, а высота отскока до 1,5 м. Во время передвижения по берме необходимо постоянно внимательно осматривать откос уступа на предмет возможного падения камней и площадку бермы перед собой на предмет возможного сползания или обрушения. При нахождении вблизи верхней или нижней бровки уступа нужно двигаться лицом вперед, не пятиться. Перед подходом к реперу необходимо убедиться в безопасности площадки вокруг репера (отсутствие возможности сползания или обрушения).

Минимизации факторов риска способствует установка стационарных реперов, приспособленных для крепления на них стационарных отражателей и измерительных инструментов. Это позволяет вести мониторинг дистанционно, без присутствия людей в опасной зоне. Однократное присутствие требуется лишь в момент установки реперов и их дальнейшего обслуживания с соблюдением правил безопасности. Исключение непосредственного участия человека в производстве маркшейдерских наблю-

дений предполагает автоматизацию процесса мониторинга и создания комплексной системы, объединяющей в единый непрерывный цикл измерения угловых и линейных величин, отправка, обработка, каталогизация, накопление и хранение информации о мониторинговых данных. Оперативная информация передается ответственными лицам путем СМС-сообщений, уведомлений на электронную почту и другими видами оперативной связи.

Непрерывный мониторинг предполагает процесс сбора и обработки данных, осуществляемый на основе постоянно действующей автоматизированной системы. Применение классических технологий инструментальных наблюдений геодезическими методами создает временной разрыв между циклами измерений и получением результатов обработки. По этой причине всегда существует вероятность возникновения аварийных ситуаций в тот момент, когда данные о процессе сдвижения и их анализ относительно допустимых величин отсутствуют. При ведении горных работ может возникнуть ситуация, когда неожиданно и скоротечно появляются критические деформации с последующим обрушением, но очередной цикл наблюдений по установленному графику должен проводиться через неделю, две недели, месяц. Выявление таких ситуаций априори невозможно при классическом подходе к мониторингу. Необходимо понимать, что своевременное обнаружение скоротечных процессов деформаций возможно лишь при непрерывных наблюдениях, что осуществимо при автоматизации всего цикла инструментальных наблюдений, давая тем самым возможность оперативного и адекватного реагирования на возникновение аварийных ситуаций на объектах недропользования [3].

Создание максимально унифицированной системы деформационного мониторинга представляет актуальную задачу, решение которой заключается в интегральном применении широкого спектра технологий, обеспечивающих оперативный, автоматизированный и достоверный дистанционный мониторинг объектов [4]. Комплекс автоматизированной системы мониторинга деформационных процессов для открытых горных работ состоит из следующих систем:

- сети базовых опорных станций, располагаемой вне зоны любых возможных деформаций с установленными стационарно GPS-антенной, приемником, модулем передачи данных, постоянным электропитанием;

- сети активных опорных точек, с установленными стационарно GPS-антенной, приемником, модулем передачи данных, постоянным электропитанием и отражателями с зоной обзора 360°;

- сети наблюдательных станций, состоящей из опорного репера с принудительным центрированием, на который устанавливается роботизированный тахеометр, модуль передачи данных, подводится электропитание;

- сети рабочих реперов, с установленными отражателями, располагаемых в зоне видимости тахеометра на участках бортов, наиболее подверженных деформированию;

- диспетчерский центр, располагаемый в административном помещении предприятия.

Учитывая, что территория покрытия данными при автоматизированном мониторинге может достигать площади всего объекта горных работ, а также группы объектов одновременно со сведением всех данных в единый диспетчерский центр мониторинга, количество

необходимых сотрудников необходимо определять в зависимости от принятого на предприятии трудового режима. Однако суть идеи непрерывного мониторинга подразумевает непрерывный контроль человека над техническим состоянием системы, готовность в режиме 24/7 оперативного принятия решения ответственными лицами об остановке горных работ по информационным сигналам системы мониторинга. Таким образом, в диспетчерском центре геомеханического отдела должен быть установлен круглосуточный режим труда.

К работе в диспетчерском центре допускаются специалисты с соответствующей квалификацией и высшим техническим образованием, прошедшими специальное обучение и проверку знаний требований охраны труда при выполнении маркшейдерских работ.

К специалистам, работающим в эксплуатации и техническом обслуживании системы автоматизированного деформационного мониторинга, предъявляются требования обязательных знаний:

- организационных и распорядительных документов при производстве маркшейдерских и геотехнических работ;
- правил, инструкций и условий производства маркшейдерских работ;
- организации и технологии производства маркшейдерских работ;
- видов, технических характеристик, принципов работы, правил эксплуатации, обслуживания и хранения маркшейдерского оборудования, приборов и инструментов;
- правил, норм и инструкций по пожарной безопасности и охране труда;
- способов оказания первой помощи при несчастных случаях;
- правил внутреннего трудового распорядка предприятия.

Работающая в автоматическом режиме система мониторинга позволяет выполнять циклы измерений с высокой скоростью и исключать ошибки, связанные с человеческим фактором. Промежутки между циклами измерений могут составлять от нескольких минут или часов до месяцев и лет. В списке задач, решаемых человеком, остаются качественный анализ собранных результатов, выбор необходимых средств наблюдений, их расположения и соединения в общую сеть.

Имея постоянно обновляемые параметры наблюдаемого объекта, можно с высокой степенью достоверности прогнозировать состояние объекта, предотвращать аварии или рассчитывать экономические показатели последствий происшествий [5]. Основные преимущества использования систем автоматизированного мониторинга следующие:

- контроль данных в реальном времени с удаленного места;
- непрерывный мониторинг объектов;
- доступное расположение сенсоров измерительной системы, не зависящее от ручного управления оператором;
- сбор данных, анализ информации и ее отправка посредством сети Интернет;
- автоматическое уведомление лиц о любом смещении за пределы установленного диапазона;
- повышение безопасности условий труда;
- исключение ошибок оператора благодаря достоверности автоматизированных наблюдений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следует отметить, что по мере развития современных маркшейдерских технологий, автоматизированные системы деформационного мониторинга позволяют постоянно удаленно контроли-

ровать объекты, упрощая этот процесс для человека, способствуют уменьшению количества ошибок, связанных с человеческим фактором. При этом повышается уровень техносферной безопас-

ности эксплуатируемого объекта и уменьшаются производственные риски для персонала предприятия. Увеличивается заинтересованность сотрудников в работе в безопасных условиях [6].

Список литературы

1. Кузнецова Е.Н. Маркшейдерские методы в обеспечении геодинамической безопасности горных работ // Записки горного института. 2010. Т. 185. С. 240–242.
2. Стась Г.В., Сарычев В.И., Пушкарев А.Е. Обеспечение безопасных условий труда при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2012. № 1-2. С. 188–198.
3. Шеметов Р.С. Особенности мониторинга деформационных процессов объектов недропользования, подверженных воздействию современных геодинамических движений // Проблемы недропользования. 2019. № 1. С. 57–61. <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2019.01.057>
4. Полторацкий В., Шатунов С., Репин Ю., Хватов Л. Принципы построения систем деформационного мониторинга сооружений оползнеопасных участков автодорог // Беспроводные технологии. 2013. № 1 (30). С. 45–49.
5. Носкова А.И., Токранова М.В., Обзор автоматизированных систем мониторинга // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2017. № 1 (9). С. 42–47.
6. Чижова М.А., Хайруллина Л.И., Системные действия в управлении охраной труда: менеджмент безопасности и охраны здоровья работников // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 24. С. 163–167.

References

1. Kuznetsova EN. Surveying methods in the provision of geodynamic safety of mining operations. *Zapiski gornogo instituta = Journal of mining institute*. 2010;185:240–242. (In Russ.)
2. Stas' GV, Sarychev VI, Pushkarev AE. Ensuring safe working conditions in the development of mineral deposits in the open method. *Izvestiya TulGU. Estestvennye nauki*. 2012;1-2:188–198. (In Russ.)
3. Shemetov RS. Specifics for monitoring the deformation processes of mining objects subjected to the influence of current geodynamic movements. *Problemy nedropol'zovaniya*. 2019;1:57–61. (In Russ.) <https://doi.org/10.25635/2313-1586.2019.01.057>
4. Poltoratsky V, Shatunov S, Repin Yu, Khvatov L. Principles of construction of deformation monitoring systems for structures of landslide-prone sections of highways. *Besprovodnye tekhnologii*. 2013;1:45–49. (In Russ.)
5. Noskova AI, Tokranova MV. Overview of automated monitoring systems. *Intellektual'nye tekhnologii na transporte*. 2017;1:42–47. (In Russ.)
6. Chizhova MA, Khairullina LI. System actions in labor protection management: management of safety and health of employees. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*. 2016;19(24):163–167. (In Russ.)

Сведения об авторах

Сайидкасимов Сайиджаббор

Сайидкасимович,

кандидат технических наук, профессор,
заведующий кафедрой маркшейдерского дела
и геодезии,
Ташкентский государственный технический
университет им. Ислама Каримова,
100095, ул. Университетская, 2, г. Ташкент,
Республика Узбекистан,
e-mail: sayyidjabbor@yandex.ru

Information about the authors

Sayyidjabbor S. Sayyidkasimov,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Head of the department of mine surveying
and geodesy,
Tashkent state technical university
named after Islam Karimov,
2 University Str., Tashkent 100095,
Republic of Uzbekistan,
e-mail: sayyidjabbor@yandex.ru

Беляев Евгений Николаевич,
старший преподаватель кафедры
маркшейдерского дела и геодезии,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
✉ e-mail: belyaev@baigeo.ru

Evgeniy N. Belyaev,
Senior teacher of the department of mine
surveying and geodesy,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
✉ e-mail: belyaev@baigeo.ru

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

*Все авторы прочитали и одобрили
окончательный вариант рукописи.*

*All authors have read and approved the final
manuscript.*

*Статья поступила в редакцию 05.10.2020;
одобрена после рецензирования 27.11.2020;
принята к публикации 30.11.2020.*

*The article was submitted 05.10.2020;
approved after reviewing 27.11.2020;
accepted for publication 30.11.2020.*