

Код МРНТИ 52.13.25

Н.Ф. Низаметдинов, Л.Д. Баймагамбетова, *М.Б. Игемберлина, А.К. Сатбергенова
Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет
им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

ОПЕРАТИВНОЕ ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ЖЕЗКАЗГАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РУЧНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Аннотация. В статье описываются особенности проведения лазерного сканирования горнопроходческих и добычных выработок на Жезказганском месторождении. Приведены порядок проведения съемочных работ с помощью ручного лазерного сканера Leica BLK2GO, построение трехмерных моделей. Технологии подземного сканирования с помощью портативного сканера позволяют ускорить процесс обследования горных выработок, абсолютно недоступных для маркшейдеров участков и получить высокоточные 3D-модели рудника, что в последующем поможет смоделировать геомеханическую модель месторождения. Приложение BLK2GO Live позволяет получить доступ к информации о состоянии BLK2GO, такой как аккумулятор, дисковое пространство или температура, а также для визуализации и управления существующими сканированными изображениями.

Ключевые слова: портативный лазерный сканер, каркасная модель, горнопроходческая выработка, добычной забой, облако точек, съемка, электронный тахеометр, 3D-модель рудника.

Портативті сканерлеуді пайдалану негізінде Жезказған кен орнында тау кен қазбаларының цифрлық модельдерін жедел құру

Андатпа. Мақалада Жезказған кен орнында тау-кен қазбаларын лазерлік сканерлеу ерекшеліктері сипатталған. Leica BLK2GO қолмен лазерлік сканердің көмегімен түсірілім жұмыстарын жүргізу тәртібі, үш өлшемді модельдерді құру келтірілген. Қолмен сканердің көмегімен жерасты сканерлеу технологиялары маркшейдерлер үшін мүлдем қол жетімді емес тау-кен қазбаларын зерттеу процесін жеделдетуге және кеніштің жоғары дәлдіктегі 3D модельдерін алуға мүмкіндік береді, бұл кен орнының геомеханикалық моделін модельдеуге көмектеседі. BLK2GO Live қолданбасы батарея, диск кеңістігі немесе температура сияқты BLK2GO күйі туралы ақпаратқа қол жеткізуге және бар сканерленген кескіндерді визуализациялауға және басқаруға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: портативті лазерлі сканер, жақтау моделі, тау-кен өндірісі, тау-кен өндірісі, нүктелік бұлт, түсіру, электронды тахеометр, кеніштің 3D-моделі.

Operational construction of digital models of mining operations at the Zhezkazgan mineral deposits Based on the use of manual scanning

Abstract. The article describes the features of laser scanning of mining and mining workings at the Zhezkazgan field. The order of filming using a manual laser scanner Leica BLK2GO, the construction of three-dimensional models are given. The technology of underground scanning using a hand-held scanner allows you to speed up the process of surveying mining workings that are completely inaccessible to surveyors and obtain high-precision 3D models of the mine, which will subsequently help to simulate the geomechanical model of the deposit. The BLK2GO Live application allows you to access information about the status of BLK2GO, such as battery, disk space or temperature, as well as to visualize and manage existing scanned images.

Key words: hand-held laser scanner, frame model, mining, mining face, point cloud, survey, electronic total station, 3D model of the mine.

Введение

За последние 20 лет в горнодобывающей промышленности стремительно развивается применение лазерного сканирования в подземных условиях. Впервые экспериментальным путем с помощью установленного на тележке трехмерного лазерного сканера с высоким разрешением получена 3D модель в подземной угольной шахте Quesneek (Квикрик, США) [1]. Применение данной технологии имело ряд преимуществ, однако по точности 3D моделей вызывало множество вопросов, где проводились исследования с целью получения плотного облака точек подземных горных выработок [2, 3].

Методы исследования

Технологии подземного сканирования с помощью ручного сканера позволяют ускорить процесс обследования горных выработок, абсолютно недоступных для маркшейдеров участков и получить высокоточные 3D-модели рудника, что в последующем поможет смоделировать геомеханическую модель месторождения [4]. Кроме того, цифровые модели горных выработок, полученные в результате сканирования, позволяют оптимизировать процессы, связанные с разведкой, планированием и эксплуатацией. Полученные данные со сканера интегрируются в любые ГИС.

Сканирование горных выработок сканером Leica BLK2GO выполняется и на Жезказганском месторождении Западного рудника шахты 67-70 в Панели А-12 залежи АС 9-III буропогрузочного штрека 3 бис и на добычном участке №4 П-12 залежи АС 9-П.

При сканировании используется сканер типа Leica BLK2GO (рис. 1). Это беспроводной портативный лазерный сканер, который плавно захватывает трехмерную среду, пока маркшейдер находится в движении, и непрерывно создает цифровое представление реальности в виде трехмерных облаков точек. Компактность и портативность сканера обеспечивает гораздо большую степень мобильности, а также доступ к пространствам и объектам, где раньше было сложно или невозможно сканировать [5].

Лазерный сканер Leica BLK2GO – это уникальное решение в области сканирования, в котором удачно сочетаются мобильность и функциональность. Прибор на ходу производит съемку в высоком разрешении и создает бесшовное облако точек для построения достоверных, точных 3D-моделей. В основе этой модели лежит SLAM-технология одновременной локализации и построения объемной карты, благодаря которой устройство с высокой точностью соотносит окружающую обстановку с перемещениями оператора лазерного сканера [6].

Конструктивно сканер представляет собой пластико-

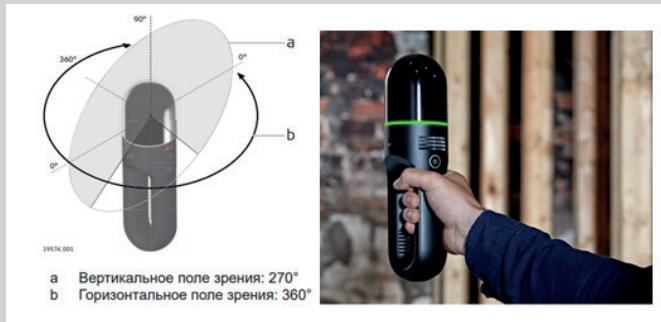


Рис. 1. Беспроводной ручной лазерный сканер Leica BLK2GO.

Сурет 1. Leica BLK2GO сымсыз портативті лазерлі сканер.

Figure 1. Leica BLK2GO Wireless Handheld Laser Scanner.

вый корпус, из чего состоит лазерный сканер: это двухосевой лидар, система панорамного видения, одна камера высокого разрешения. Если вдруг вы сканируете выработку и где-то видите трещину, вывалы в стене, вы можете это зафиксировать, навести на объект, нажать кнопку, и камера сделает снимок высокого разрешения и присоединит к тому месту, где сканировали. Управляется все одной кнопкой – достаточно нажать на кнопку, и он начнет сканировать [7].

Неоспоримые положительные плюсы использования портативных лазерных сканеров:

- легкость сканера и высокая скорость сканирования.

Маркшейдерская съемка происходит во время обхода горной выработки, склада со сканирующим сенсором в руках. Сенсор устанавливается на веху длиной до 6 метров. Дальность съемки сканером до 200 метров. Процесс набора измерений отображается на контрольном устройстве. Маркшейдер может провести съемку на ходу и затем создать цифровую модель с использованием специальных программ обработки данных сканирования. Такая оперативность получения данных дает возможность вовремя и точно определять геометрические параметры горных выработок и складов с наименьшими рисками. Высокая детализация объектов изысканий позволяет получать точные данные, на основе которых в программах можно быстро построить каркас шахты или создать цифровую модель и произвести расчеты;

- сканирование не требует дополнительного съемочного обоснования. Координатная привязка происходит по контрольным точкам (тахеометрическим), которые фиксируются в процессе сканирования;

- точные результаты получаются в самых сложных условиях: пыль, влага, полная темнота, удаленность.

- большим преимуществом систем является возможность загрузки облаков точек в ГГИС предприятия, для дальнейшего использования и обработки.

Результаты исследования

Объемное (3D) моделирование горных выработок на рудных шахтах является одним из новых методов, но получившее в настоящее время широкое распространение

и практическое применение. Моделирование в горнодобывающей отрасли является одним из важных элементов технологического процесса. Уровень научно-технического развития промышленности в целом диктовал те методики, которые применялись раньше при проектировании и моделировании. Эти методики, соответственно, оказывали решающее влияние на качество и эффективность как моделей, так и производительности отрасли [8].

Перед началом сканирования определяются координаты центра опознавательных знаков. Опознавательные знаки необходимы для геопривязки к местной системе координат облака данных, полученных в процессе сканирования. Для этого проводится установка тахеометра под точкой, координаты которой известны (рис. 2а). Затем производится тахеометрическая съемка размеченных знаков, которых для привязки сканером должно быть не менее 4 штук.

После задания точек, сканер устанавливается на специальный штатив. При включении прибора производится калибровка его положения в пространстве. По готовности сканера световой индикатор загорается зеленым светом. После чего необходимо произвести сопряжение (привязку) специального мобильного приложения BLK2GO Live с прибором для мониторинга 3D сканирования в реальном времени (рис. 2б). Наличие в нем приложения-компьютера, которое сочетается с беспроводным портативным лазерным сканером, позволяет видеть живую визуальную обратную связь во время проведения сканирования.

Применяемая аппаратура и оборудование при проведении сканирования может использовать 3D сканер и электронный тахеометр Leica TS06.



Рис. 2. Порядок выполнения работ:

а – установка тахеометра под точкой с известными координатами;

б – сопряжение специального мобильного приложения BLK2GOLIVE с прибором.

Сурет 2. Жұмыстарды орындау тәртібі:

а – координаталары белгілі нүктенің астына тахеометрді орнату;

б – BLK2GOLIVE арнайы мобильді қосымша арқылы құралмен байланыстыру.

Figure 2. The order of execution of works:

а – installation of the total station under a point with known coordinates;

б – pairing a special BLK2GOLIVE mobile application with the device.

При 2D-просмотре приложение BLK2GO Live показывает в режиме реального времени двухмерный вид сверху того, что захватывает BLK2GO. Этот вид «плана этажа» дает мгновенную визуальную обратную связь, чтобы направлять вашу траекторию во время сканирования.

При 3D-просмотре приложение BLK2GO Live также показывает 3D-рендеринг облаков точек, снятых в режиме реального времени, что позволяет вам видеть единообразие и полноту ваших сканирований [9].

Во время проведения сканирования есть возможность делать отдельные изображения с высоким разрешением, нажимая кнопку BLK2GO во время сканирования. Каждое изображение, полученное во время сканирования, дает возможность обеспечить захват всех характерных точек, необходимых для построения трехмерной модели горных выработок. Приложение BLK2GO Live позволяет получить доступ к информации о состоянии BLK2GO, такой как аккумулятор, дисковое пространство или температура, а также для визуализации и управления существующими сканированными изображениями. Передвигаться необходимо неторопливым шагом, сильно не раскачивая прибор. Процесс сканирования аналогичен вышеприведенному для проходческой выработки. Отличием является то, что обход добычных забоев со сканером производится по контуру отработанной выработки.

Процесс сканирования аналогичен вышеприведенному для проходческой выработки. Отличием является то, что обход добычных забоев со сканером производится по контуру отработанной выработки. Экспортированные данные переходят к следующему этапу – этап обработки облака точек. На данном этапе используется ПО Micromine. Данная программа предоставляет набор основных инструментов для создания трехмерной модели из облака точек [10].

Применяемая аппаратура и оборудование при проведении сканирования может использовать 3D сканер и электронный тахеометр Leica TS06.

При производстве сканирования выработанного пространства фактическое положение горной выработки отображается на дисплее смартфона. Данные со сканера передаются на дисплей смартфона через Wi-Fi соединение. После калибровки сканера производится сканирование ранее заданных и размеченных опознавательных знаков. Для этого подходим к размеченным точкам при включенном режиме сканирования на расстоянии 1,5 м от размеченного знака. Далее производится сканирование горных выработок. Для этого маркшейдер производит обход по оси горнопроходческой выработки, удерживая сканер в вертикальном положении, сканирующей головкой вверх (рис. 3).

Каркасная модель выработки строится в ПО Micromine в связи с тем, что необходимый функционал для подсчета объемов и площади в ПО Cyclone REGISTER 360 отсутствует. В ПО Micromine имеется возможность вручную редактировать каркасную модель выработки. Программа способна найти ошибки в неправильно построенной модели и исправить их. Подсчет площади и объемов каркасной модели проводится именно в ПО Micromine.

Наложенная модель, построенная из облака данных, полученных по результатам сканирования (синим цветом), рисунок 4.

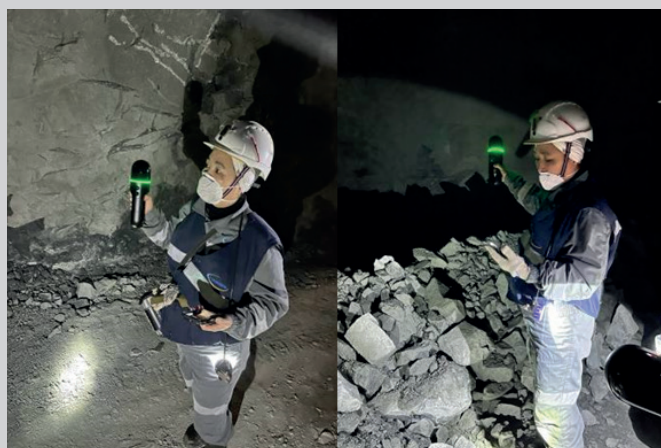


Рис. 3. Сканирование горных выработок:
а – горнопроходческой выработки; б – добычного забоя.

Сурет 3. Тау-кен қазбаларын сканерлеу:
а – тау-кен қазбасы; б – өндіру кенжары.

Figure 3. Scanning of mine workings:
а – mining; б – mining face.

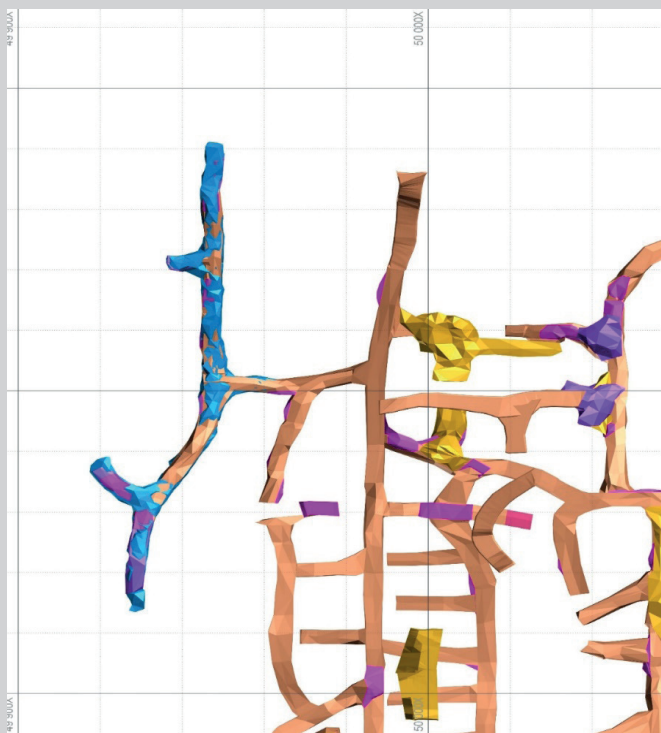


Рис. 4. Наложенная модель горнопроходческих выработок по результатам сканирования.

Сурет 4. Сканерлеу нәтижелері бойынша тау-кен қазбаларының біріктірілген моделі.

Figure 4. Superimposed model of mining workings based on the results of scanning.

Наложенная модель, построенная из облака данных, полученных по результатам сканирования (синим цветом), рисунок 5.

Выполнен анализ точности 3D моделей, построенных по результатам съемок, выполненных электронным тахеометром и с помощью ручного сканера Leica BLK2GO.

Таблица 1

Анализ точности результатов съемки двумя способами

Кесте 1

Түсірілім нәтижелерінің дәлдігін екі жолмен талдау

Table 1

Analyzing the accuracy of the survey results in two ways

Вид работ	3D модель, построенная при помощи тахеометра (объем м³)	3D модель, построенная при помощи сканирования (объем м³)	Отклонение, м³	Отклонение, %
ГПР	3901,656	4076,792	-175,136	4,5%
Добыча	8058,404	8132,134	-73,73	0,9%
Итого	11960,06	12208,926	-248,866	5%

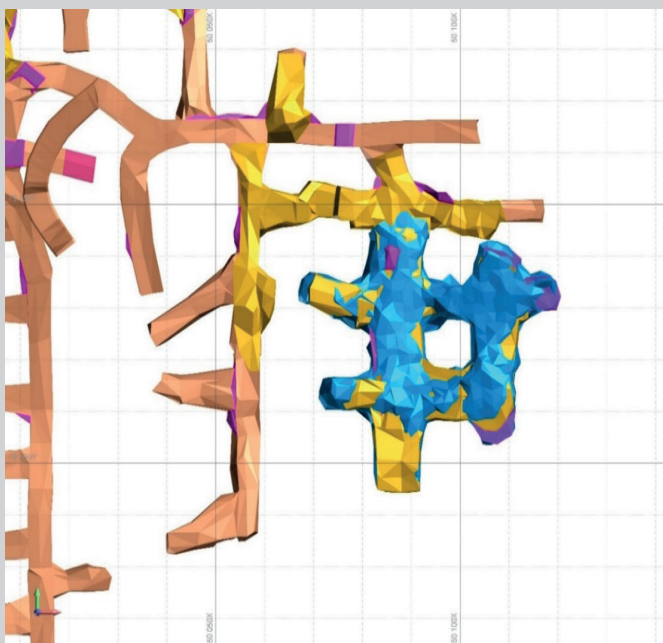


Рис. 5. Наложенная модель добычных выработок по результатам сканирования.

Сурет 5. Сканерлеу нәтижелері бойынша тау-кен қазбаларының біріктірілген моделі.

Figure 5. Superimposed model of mining ores based on scanning results.

Таким образом, полученные данные сканирования горных выработок позволяют констатировать, что положение внешних контуров более точнее на 10-15% фиксируются с помощью ручного лазерного сканера, это связано большей плотностью съемки сканером, а также могут быть использованы при построения цифровой модели горных выработок шахты и рудника в целом.

Основным измерительным прибором является тахеометр, так как он является высокоточным и отвечает всем требованиям при производстве работ и развитии опорных сетей.

Заклучение

Полученные цифровые модели подготовительных и очистных горных выработок с помощью ручного лазерного сканера Leica BLK2GO являются значительным технологическим новшеством в маркшейдерии и геомеханике, облегчающим условия получения информации для обеспечения безопасного ведения подземных работ. Установлено принципиальное отличие технологии лазерного сканирования от традиционных методов геодезических измерений, оно заключается в том, что данная технология позволяет собирать большой объем информации за очень короткий интервал времени путем сканирования и получения координат облаков точек поверхностей с высокой точностью. По полученным сканам строится каркасная модель горных выработок и оперативно вычисляются объемы и площади снимаемых горных выработок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Huber Daniel. Автоматическое 3D-картографирование подземных шахт. / Huber Daniel, Vandapel Nicolas. // Полевая и сервисная робототехника. 2006. №11. С. 497-506 (на английском языке)
2. Chen Yuwei, Tang Jian, Нуурпә Juha, Wen Zhijie, Li Chuanrong, Zhu Lingli. Мобильное лазерное сканирование на основе 3D-технологии для моделирования и позиционирования минеральной среды. // Четвертая международная конференция по повсеместному позиционированию, навигации внутри помещений и геолокационным сервисам, 2016. – С. 289-294 (на английском языке)
3. Kajzar Vlastimil. Проверка возможностей использования 3D лазерного сканера в подземных горных выработках. / Kajzar Vlastimil, Kukutsch Radovan, Heroldová Nikola. // Геодинамика и геоматериалы. 2015. Т. 12. Вып. 1. С. 51-58 (на английском языке)
4. Овчаренко А.В. Сканирование подземных пустот и полостей 3D-сканированием. // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей. ГИ УрО РАН, ПГНИУ. Пермь, 2015. №3. С. 161-163 (на русском языке)

5. Управление устойчивостью техногенных горных сооружений. Под ред. проф. Низаметдинова Ф.К. Караганда: Изд-во полиграфический центр Казахстанско-Российского университета, 2014, С. 656 (на русском языке)
6. Низаметдинов Ф.К. Маркшейдерские службы горнодобывающих предприятий Казахстана: Караганда: КарТУ, 2023, С. 202 (на русском языке)
7. Труды международного маркшейдерского Форума: «Геопространственная цифровая инженерия в геодезии, маркшейдерии и геомеханике», Караганда: Санат-полиграфия, 2022. – С. 157 (на русском языке)
8. Nizametdinov N.F. Система автоматизированного контроля состояния насыпных дамб хвостохранилищ обогатительных фабрик. / N.F. Nizametdinov, F.K. Nizametdinov, D.K. Elimanov, M.B. Igemberlina. // Горный журнал. 2023. №2. С.63-67 (на русском языке)
9. Nizametdinov F.K. Инструментальный мониторинг стабильности запасов руды в зоне кучного выщелачивания. / F.K. Nizametdinov, N.F. Nizametdinov, R.F. Nizametdinov, A.O. Oralbai. // Горный журнал. 2022. №2. С.19-22 (на русском языке)
10. Nizametdinov N.F. Анализ смещений земной поверхности под влиянием повторных горных работ в Жезказганском районе. / N.F. Nizametdinov, V.D. Baryshnikov, R.F. Nizametdinov, M.B. Igemberlina, H. Stanková, Zh.M. Baturshaeva. // Журнал горной науки. 2021. Т. 57. Вып. 2. С. 184-189 (на английском языке)

ПАЙДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Huber Daniel. Жерасты шахталарын автоматты түрде 3D картаға түсіру. / Huber Daniel, Vandapel Nicolas. // Далалық және сервистік робототехника. 2006. №11. – Б. 497-506 (ағылшын тілінде)
2. Chen Yuwei, Tang Jian, Нуурпә Juha, Wen Zhijie, Li Chuanrong, Zhu, Lingli. Минералды ортаны модельдеуге және орналастыруға арналған 3D технологиясына негізделген мобильді лазерлік сканерлеу. // Кең таралған позициялау, ішкі навигация және геолокациялық қызметтер бойынша төртінші халықаралық конференция, 2016. – Б. 289-294 (ағылшын тілінде)
3. Kajzar Vlastimil. Жерасты тау-кен қазбаларында 3D Лазерлік Сканерді пайдалану мүмкіндіктерін тексеру. / Kajzar Vlastimil, Kukutsch Radovan, Heroldová Nikola. // Геодинамика және геоматериалдар. 2015. Т. 12. Шығ. 1. Б. 51-58 (ағылшын тілінде)
4. Овчаренко А.В. Жер асты қуыстары мен қуыстарын 3D сканерлеу арқылы сканерлеу. // Геофизикалық өрістерді геологиялық интерпретациялау теориясы мен практикасының мәселелері. ГИ УрО РАН, ПГНИУ. Пермь, 2015. №3. Б. 161-163 (орыс тілінде)
5. Техногендік тау құрылыстарының тұрақтылығын басқару. Жалпы редакциясымен проф. Низаметдинова Ф.К. Қарағанды: Қазақстан-Ресей университетінің полиграфиялық орталығы, 2014, Б. 656 (орыс тілінде)
6. Низаметдинов Ф.К. Қазақстанның тау-кен өндіру кәсіпорындарының маркшейдерлік қызметтері: Қарағанды: КарТУ, 2023. Б. 202 (орыс тілінде)
7. Халықаралық маркшейдерлік форумның еңбектері: «Геодезия, маркшейдерия және геомеханикадағы геокеңістіктік цифрлық инженерия», Қарағанды: Санат-полиграфия, 2022. – Б. 157 (орыс тілінде)
8. Nizametdinov N.F. Байыту фабрикаларының қалдық қоймаларының үйінді бөгеттерінің жай-күйін автоматтандырылған бақылау жүйесі. / N.F. Nizametdinov, F.K. Nizametdinov, D.K. Elimanov, M.B. Igemberlina. // Тау-кен журналы. 2023. №2. Б. 63-67 (орыс тілінде)
9. Nizametdinov F.K. Үйінді шаймалау аймағындағы кен қорының тұрақтылығын аспаптық бақылау. / F.K. Nizametdinov, N.F. Nizametdinov, R.F. Nizametdinov, A.O. Oralbai. // Тау-кен журналы. 2022. №2. Б. 19-22 (на русском языке)
10. Nizametdinov N.F. Жезқазған ауданындағы қайталама тау кен жұмыстарының әсерінен жер бетінің жылжуын талдау. / N.F. Nizametdinov, V.D. Baryshnikov, R.F. Nizametdinov, M.B. Igemberlina, Stanková H., Zh.M. Baturshaeva. // Тау-кен ғылымының журналы. 2021. Т. 57. Шығ. 2. Б. 184-189 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Huber Daniel. Automatic 3D Underground Mine Mapping. / Huber Daniel, Vandapel Nicolas. // Field and Service Robotics. 2006. №11. P. 497-506 (in English)
2. Chen Yuwei, Tang Jian, Нуурпә Juha, Wen Zhijie, Li Chuanrong, Zhu Lingli. Mobile laser scanning based 3D technology for mineral environment modeling and positioning. // The Fourth International Conference on Ubiquitous Positioning, Indoor Navigation and Geolocation Services, 2016. – P. 289-294 (in English)
3. Kajzar Vlastimil. Verifying the possibilities of using a 3D laser scanner in the mining underground. / Kajzar Vlastimil, Kukutsch Radovan, Heroldová Nikola. // Geodynamics and geomaterials. 2015. Vol. 12. Issue 1. P. 51-58 (in English)

4. Ovcharenko A.V. Skanirovanie podzemnykh pustot i polostei 3D-ckanirovaniem. // *Voprosy teorii i praktiki geologicheskoi interpretatsii geofizicheskikh polei*. GI UrO RAN, PGNIU. Perm', 2015. №3. S. 161-163 [Ovcharenko A.V. Scanning of underground voids and cavities by 3D scanning. // *Questions of theory and practice of geological interpretation of geophysical fields of the GI Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. PGNIU. Perm, 2015. №3. P.161-163] (in Russian)
5. *Upravlenie ustoychivost'yu tekhnogennykh gornyykh sooruzhenii*. Pod red. prof. Nizametdinova F.K. Karaganda: Izd-vo poligraficheskii tsentr Kazakhstansko-Rossiiskogo universiteta, 2014, S. 656 [Sustainability management of man-made mining structures. Edited by Prof. Nizametdinova F.K. Karaganda: Publishing house of the Polygraphic center of the Kazakh-Russian University, 2014, P. 656] (in Russian)
6. Nizametdinov F.K. *Surveying services of mining enterprises of Kazakhstan: Karaganda: KarTU, 2023, P. 202* [Nizametdinov F.K. *Surveying services of mining enterprises of Kazakhstan: Karaganda: KarTU, 2023, P. 202*] (in Russian)
7. *Trudy mezhdunarodnogo marksheiderskogo Foruma: «Geoprostranstvennaya tsifrovaya inzheneriya v geodezii, marksheiderii i geomekhanike»*, Karaganda: Sanat-poligrafiya, 2022. – S. 15 [Proceedings of the International Surveying Forum: «Geospatial digital engineering in geodesy, surveying and geomechanics», Karaganda: Sanat-polygraphy, 2022. – P. 157] (in Russian)
8. Nizametdinov N.F. *Sistema avtomatizirovannogo kontrolya sostoyaniya nasypanykh damb khvostokhranilishch obogatitel'nykh fabrik.* / N.F. Nizametdinov, F.K. Nizametdinov, D.K. Elimanov, M.B. Igemberlina. // *Gornyi zhurnal*. 2023. №2. S.63-67 [Nizametdinov N.F. *Automated control of earthfill dams at tailings storage facilities.* / N.F. Nizametdinov, F.K. Nizametdinov, D.K. Elimanov, M.B. Igemberlina. // *Mining magazine*. 2023. №2. P. 63-67] (in Russian)
9. Nizametdinov F.K. *Instrumental'nyi monitoring stabil'nosti zasobov rudy v zone kuchnogo vyshchelachivaniya.* / F.K. Nizametdinov, N.F. Nizametdinov, R.F. Nizametdinov, A.O. Oralbai. // *Gornyi zhurnal*. 2022. №2. S.19-22 [Nizametdinov F.K. *Instrumental monitoring of ore stockpile stability in heap leaching area.* / F.K. Nizametdinov, N.F. Nizametdinov, R.F. Nizametdinov, A.O. Oralbai. // *Mining magazine*. 2022. №2. P. 19-22] (in Russian)
10. Nizametdinov N.F. *Analysis of Ground Surface Displacements under the Influence of Repeated Mining Activities in the Zhezkazgan Area.* / N.F. Nizametdinov, V.D. Baryshnikov, R.F. Nizametdinov, M.B. Igemberlina, H. Stanková, Zh.M. Batyrshaeva. // *Journal of Mining Science*. 2021. Vol. 57. Issue 2. P.184-189 (in English)

Сведения об авторах:

Низаметдинов Н.Ф., к.т.н., и.о. доцента кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет имени А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), leica@geobusiness.kz; <https://orcid.org/0000-0002-8881-1259>

Баймагамбетова Л.Д., магистрант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет имени А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), baimagambetovalazzat67@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-2425-4450>

Игемберлина М.Б., доктор PhD, старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет имени А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), igemberlina@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4243-7748>

Сатбергенова А.К., докторант PhD, старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» НАО «Карагандинский технический университет имени А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), a.satbergenova@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5806-2827>

Авторлар туралы мәліметтер:

Низаметдинов Н.Ф., т.ғ.к., «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының доцент м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)

Баймагамбетова Л.Д., «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының магистранты (Қарағанды қ., Қазақстан)

Игемберлина М.Б., PhD докторы, «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Сатбергенова А.К., PhD докторанты, «Әбілқас Сағынов Қарағанды техникалық университеті», «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Nizametdinov N.F. Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor of the Department of Surveying and Geodesy, Karaganda State Technical University (Karaganda, Kazakhstan)

Baimagambetova L.D., undergraduate student of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Igemberlina M.B., Doctor of PhD, Senior Lecturer of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Satbergenova A.K., PhD student, Senior Lecturer of the Department of Surveying and Geodesy, NAO «Karaganda Technical University named after A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)