

Код МРНТИ 36.23.31

Ф.К. Низаметдинов, Д.С. Ожигин, Р.Ф. Низаметдинов, *Е.В. Ситникова
 НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»
 (г. Караганда, Казахстан)

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕТОДЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ НАСЫПНЫХ ОГРАДИТЕЛЬНЫХ ДАМБ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Аннотация. Предлагается комплексная методика инструментального контроля состояния насыпных оградительных дамб хвостохранилищ обогатительных фабрик, основанная на создании рабочего опорного обоснования в виде твердых и связующих маркшейдерских реперов, и производства специальных методик измерений с использованием роботизированного электронного тахеометра, глобальных спутниковых систем и цифровых нивелиров с инварными рейками. Именно такая поэтапная комбинация современных методов измерений позволяет на ранней стадии получить высокую точность отклонений смещения тела насыпной дамбы. Полученные высокоточные результаты инструментальных наблюдений за существующими насыпными дамбами позволяют своевременно разработать мероприятия по предупреждению и своевременной ликвидации деформаций.

Ключевые слова: насыпная дамба, деформация откоса, опорные и связующие маркшейдерские точки, инструментальные измерения, электронный тахеометр, базовая спутниковая станция, ровер, цифровой нивелир.

Үйінді қоршау бөгеттерінің қалдық қоймаларының байыту фабрикаларының жай күйін аспаптық бақылаудың кешенді әдістері

Аңдатпа. Қатты және байланыстырушы маркшейдерлік реперлер түріндегі жұмыс тірек негіздемесін құруға және роботтандырылған электрондық тахеометрді, ғаламдық спутниктік жүйелерді және инварналық рейкалар мен сандық нивелирлерді пайдалана отырып, өлшеудің арнайы әдістемелерін өндіруге негізделген байыту фабрикаларының қалдық қоймаларының үйінді қоршау бөгеттерінің жай-күйін аспаптық бақылаудың кешенді әдістемесі ұсынылады. Дәл осы заманауи өлшеу әдістерінің кезең-кезеңімен үйлесуі үйінді бөгетінің ауытқуларының жоғары дәлдігін ерте кезеңде алуға мүмкіндік береді. Қолданыстағы үйінді бөгеттерді аспаптық бақылаудың жоғары дәлдіктегі нәтижелері деформацияларды уақтылы алдын алуға және уақтылы жою жөніндегі іс-шараларды әзірлеуге мүмкіндік береді.

Үйінді сөздер: үйінді бөгеті, көлбеу деформациясы, тірек және байланыстырушы маркшейдерлік нүктелер, аспаптық өлшеулер, электронды тахеометр, базальқ спутниктік станция, ровер, сандық деңгей.

Complex methods of instrumental monitoring of the condition of bulk protective dams of tailings dumps of processing plants

Abstract. A comprehensive methodology is proposed for instrumental monitoring of the condition of bulk protective dams of tailings dumps of processing plants, based on the creation of a working reference justification in the form of solid and binding surveying benchmarks, and the production of special measurement techniques using a robotic electronic total station, global satellite systems and digital levelers with invar rails. It is this step-by-step combination of modern measurement methods that makes it possible to obtain high accuracy of displacement deviations of the bulk dam body at an early stage. The obtained high-precision results of instrumental observations of existing bulk dams make it possible to develop timely measures for the prevention and timely elimination of deformations.

Key words: embankment dam, slope deformation, supporting and connecting surveying points, instrumental measurements, electronic total station, satellite base station, rover, digital level.

Введение

Территория Лисаковского железорудного месторождения располагает действующими объектами горного производства: карьером, отвалами вскрышных пород и плодородного слоя почвы, основное и аварийное хвостохранилища, ограниченные насыпными дамбами, фабрикой гравитационно-магнитного обогащения, объектами железнодорожного и автомобильного транспорта и энергохозяйства. При этом особую обеспокоенность вызывает наличие насыпных дамб основного и аварийного хвостохранилищ, заполненные водной пульпой, которые представляют определенную угрозу прорыва дамб, особенно в весенний период, что может представлять катастрофические последствия (рис. 1, 2). Поэтому в настоящее время требуется тщательная организация инструментальных наблюдений за состоянием тел дамб хвостохранилищ с целью возможного прогнозирования их устойчивости.

Существующие в настоящее время способы инструментального контроля над состоянием тела дамбы требуют своего коренного пересмотра, перехода от визуального осмотра и фотографирования до внедрения прогрессивных лазерно-цифровых технологий измерений на земной

поверхности с использованием беспилотных летательных аппаратов и спутниковых измерений [1-10].

Методы исследования

Для этого, на первом этапе, предлагается выполнять инструментальный контроль состояния устойчивости откосов дамб хвостохранилищ обогатительных фабрик путем создания маркшейдерско-геодезической сети в виде связующих и профильных линий, представленных металлическими реперами, закладываемыми перпендикулярно простиранию дамбы на наиболее неблагоприятных, с точки зрения устойчивости участков, на основе проведенной рекогносцировки (рис. 1, 2). Конструкция рабочих и связующих реперов регламентируется специальной геодезической инструкцией [11] и новыми разработками [12]. Производство высокоточных инструментальных наблюдений за положением дамбы осуществляется специальными современными цифровыми геодезическими приборами: вначале электронным тахеометром с точностью измерения горизонтальных и вертикальных углов 0,5 секунды и лазерными измерениями расстояний 1 мм на км (рис. 3).



Рис. 1. Начало дамбы основного хвостохранилища (от ПК 5 до ПК 15+10).

Сурет 1. Негізгі қалдық бөгетінің басталуы (ПК 5-тен ПК 15+10 дейін).

Figure 1. Beginning of the main tailings dam (from PK 5 to PK 15+10).

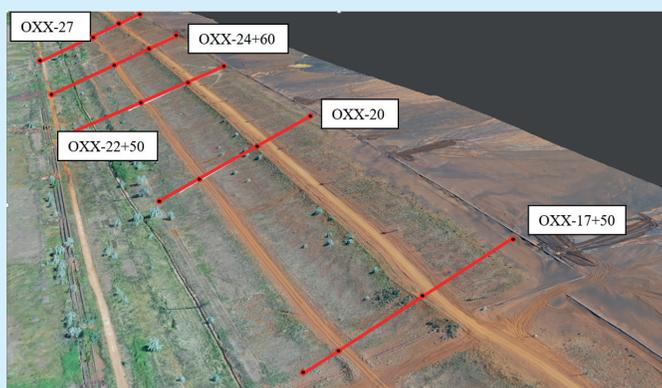


Рис. 2. Продолжение дамбы основного хвостохранилища (ПК 17+50 до ПК 27).

Сурет 2. Негізгі қалдық бөгетінің ұзартылуы (ПК 17+50-ден ПК27-ге дейін).

Figure 2. Extension of the main tailings dam (PK 17+50 to PK27).



Рис. 3. Электронный тахеометр с оптическим отражателем.

Сурет 3. Оптикалық шағылыстырғышы бар электронды тахеометр.

Figure 3. Electronic total station with an optical reflector.

Сеть наблюдательных станций включает в себя исходные триангуляционные сети и опорные, связующие и рабочие репера профильных линий на территории расположения ограждающих дамб. Исходные точки располагаются в местах, обеспечивающих их неподвижность и хорошую видимость на все время существования наблюдательных станций. Каждая профильная линия состоит из одного опорного репера и 4 рабочих реперов. Расстояния между рабочими реперами, расположенными в пределах призмы возможного обрушения, принимаются равными 5-10 м (рис. 4).

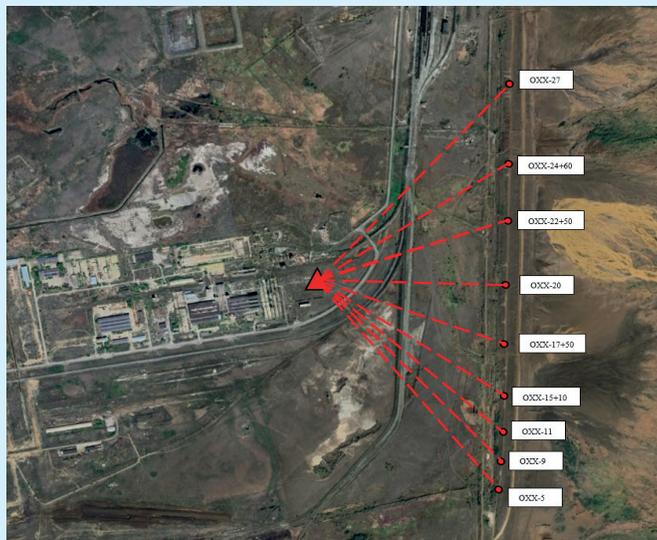


Рис. 4. Схема ориентирования тахеометра на профильных линиях основной дамбы на телевизионную вышку.

Сурет 4. Бас бөгеттің профильдік желілері бойынша жалпы станцияның телемұнараға қарай бағдарлану схемасы.

Figure 4. Scheme of orientation of the total station on the profile lines of the main dam to the television tower.

При закладке рабочих реперов на предохранительных бермах дамбы расстояние между ними зависит от ее ширины. При большой длине ограждающих дамб более 500 м или наличия недоступных для наблюдения зон с одной установки электронного тахеометра закрепляются связующие репера, позволяющие вести съемку рабочих реперов, которые заложены перпендикулярно простиранию откоса дамбы (красные линии на рис. 4).

На втором этапе работы в дополнение к существующей методике осуществляется корректировка и контроль измерений с помощью глобальных спутниковых систем (ГНСС) путем использования базовой станции и переносного ровера с точностью определения координат реперов до 5 мм (рис. 5). При этом используются репера, на которых производятся геодезические измерения с использованием GNSS-технологий. Анализ результатов измерений при этом производится путем определения векторного смещения каждого репера.

Все измерения для определения пространственного положения реперов наблюдательных станций с более вы-



Рис. 5. Базовая GPS станция на опорной точке.
Сурет 5. Анықтамалық нүктедегі GPS базалық станциясы.
Figure 5. GPS base station at a reference point.

сокой точностью необходимо выполнять в дифференциальном режиме. Сущность дифференциального режима измерений заключается в следующем: измерения производятся с одновременным использованием двух приемников, один из которых является базовым и устанавливается на точке с известными координатами (пункт ГНСС), а второй используется в качестве ровера (передвижного приемника) для определения координат рабочих реперов. Существуют два способа дифференциального режима измерений: с постобработкой результатов и в RTK режиме реального времени. В данной работе применялся режим измерений с постобработкой данных. Два приемника писали сырые данные, полученные со спутников на небосводе в статическом режиме (базовая станция записывала в течение всего периода измерений, ровер устанавливался на связующие точки и писал сессию 15-20 минут).

На третьем этапе работы выполняется контрольная съемка высотных отметок с помощью высокоточного геометрического нивелирования с использованием цифрового нивелира в комплекте с инварными рейками и точностью определения превышения до 0,01 мм (рис. 6).

Нивелирование выполнялось по замкнутому ходу, начиная с твердого пункта, включая все связующие точки полигонометрического хода на верхней части дамбы, а затем замыкающие по реперам, заложенным в нижней части дамбы с примыканием на исходный твердый пункт. Таким образом, контролируются получаемые высотные

отметки с высокой степенью точности определения высотных отметок всех реперов с точностью до 0,01 мм (сотой доли мм), что позволяет на ранней стадии фиксировать возможное появление деформирования тела дамбы. Выполненное геометрическое нивелирование по реперам, находящимся на теле дамбы основного хвостохранилища, показало высотную невязку, равную 2,6 мм, на ход длиной 2,5 км.

Результаты

По состоянию на август 2022 г. система геомеханического мониторинга на дамбе основного хвостохранилища состоит из 12 профильных линий, включающих в себя 48 рабочих реперов. Репера установлены в соответствии с действующим проектом наблюдения на основной дамбе (рис. 1, 2).

Инструментальные маркшейдерско-геодезические наблюдения за смещениями и деформациями реперов наблюдательных станций выполнялись не реже одного раз в квартал [1-2], в соответствии с инструкциями они зависят от скорости смещений массива дамбы. При обнаружении скорости сдвижения массива тела дамбы более 10 мм/сутки наблюдения ведутся ежедневно. Полная серия инструментальных наблюдений включает в себя следующие работы: привязку исходных и опорных реперов станций (определение координат X, Y, Z) к ближайшим пунктам маркшейдерской опорной геодезической сети; производство начальных наблюдений для определения исходного положения реперов наблюдательных станций в горизонтальной и в вертикальной плоскостях; производство систематических наблюдений за положением реперов для определения их сдвижения или смещения массива. Все измерения выполняются электронным тахеометром Leica TS16, для повышения точности и исключения грубых ошибок выполняются при двух положениях вертикального круга 6 приемами. Прием измерения включает одно наведение на отражатель, при котором производится несколько измерений (2-3). За окончательный результат принимается среднее значение измерений, при этом разница между отдельными отсчетами не должна превышать ± 2 мм.



Рис. 6. Нивелирование цифровым нивелиром и инварной рейкой.
Сурет 6. Сандық нивелирмен және инварлық рейка нивелирлеу.
Figure 6. Leveling with a digital level and an invar rail.

Положение связующих реперов станций определяется автоматически с помощью электронного тахеометра Leica TS16 от исходных (опорных) реперов, созданной системы или от опорной сети. Начальные наблюдения на станции состоят из двух независимых серий измерений с интервалом 3-5 дней.

С помощью электронного тахеометра определены все необходимые данные: расстояния между реперами, превышения и координаты реперов наблюдательных станций. Применение электронного тахеометра Leica TS16 значительно сокращает время на производство полевых работ. Так как при инструментальных наблюдениях конечные результаты несут в себе ряд случайных и систематических ошибок, то для исключения или уменьшения их предлагается методика наблюдений, состоящая из ряда последовательно выполняемых работ и соблюдения определенных условий: закрепление отражателей осуществляется на жесткие отвесы, которые устанавливаются и центрируются над реперами по створу профильной линии; максимальное удаление рабочих реперов от опорных или связующих реперов должно быть не более 500 м; обязательное измерение атмосферного давления с точностью до 1 мм рт. ст. и температуры воздуха с точностью до 1°C; систематический контроль положения опорных и связующих реперов в каждой серии наблюдений; при разделении профильной линии связующими реперами на секции, съемка крайних рабочих реперов секций выполняется с обязательным контролем

и уравниванием с последующего связующего репера. Формирование базы данных измерений в электронном виде существенно сокращает камеральную обработку результатов измерений.

Тахеометр автомат имеет электронный компенсатор, позволяющий значительно повысить точность горизонтирования прибора. С помощью электронного тахеометра определяются координаты начального положения реперов профильных линий, координаты тех же реперов при последующих наблюдениях, горизонтальные проложения и превышения между реперами и их смещения. По разнице координат реперов ΔX , ΔY , ΔZ относительно их исходного положения можно определить направление в пространстве вектора смещения в цифровом виде, а также по разнице горизонтальных проложений ΔS между реперами относительно исходных значений можно судить об устойчивости (сдвигении) тела дамбы. Поэтому при получении значений смещений в пределах инструментальной точности удобно определять отклонения в горизонтальной и вертикальной плоскости через координаты реперов между начальными и последующими измерениями ΔX , ΔY , ΔZ .

Согласно календарному плану проведения на 2021-22 годы выполнено 4 серии 4-го цикла инструментальных маркшейдерско-геодезических наблюдений за состоянием устойчивости откосов дамбы. Анализ и сравнение результатов производился по пятой съемке (ноябрь 2021 г.) и первой съемке (апрель 2022 г.) (таблицы 1-3).

Таблица 1

Результаты сравнения инструментальных наблюдений по профильной линии OXX5

Кесте 1

OXX5 профиль сызығы бойынша аспаптық бақылау нәтижелерін салыстыру

Table 1

Comparison results of instrumental observations along the profile line OXX5

№ точки	ноябрь 2021 г.			апрель 2022 г.			ΔZ , мм	dS, мм	ΔL , мм
	Y, м	X, м	Z, м	Y, м	X, м	Z, м			
OXX5-1	-662,169	3780,818	198,469	-662,172	3780,819	198,464	-5		
OXX5-2	-645,352	3777,167	202,437	-645,351	3777,167	202,433	-4	4	4
OXX5-3	-598,022	3766,846	210,625	-598,022	3766,846	210,625	0	0	3
OXX5-4	-554,792	3757,446	213,843	-554,789	3757,449	213,836	-6	2	5

Таблица 2

Результаты сравнения инструментальных наблюдений по профильной линии OXX9

Кесте 2

OXX9 профиль сызығы бойынша аспаптық бақылау нәтижелерін салыстыру

Table 2

Comparison results of instrumental observations along the profile line OXX9

№ точки	ноябрь 2021 г.			апрель 2022 г.			ΔZ , мм	ΔS , мм	ΔL , мм
	Y, м	X, м	Z, м	Y, м	X, м	Z, м			
OXX9-1	-594,13	4159,4	195,926	-594,118	4159,400	195,921	-5		
OXX9-2	-567,035	4153,37	200,782	-567,025	4153,365	200,775	-7	-2	-2
OXX9-3	-513,601	4141,42	210,376	-513,587	4141,421	210,372	-4	3	1
OXX9-4	-474,655	4132,71	213,55	-474,641	4132,712	213,543	-7	1	2

Таблица 3

Результаты сравнения инструментальных наблюдений по профильной линии OXX11

Кесте 3

OXX11 профиль сызығы бойынша аспаптық бақылау нәтижелерін салыстыру

Table 3

Comparison results of instrumental observations along the profile line OXX11

№ точки	ноябрь 2021 г.			апрель 2022 г.			ΔZ, мм	dS. мм	ΔL, мм
	Y, м	X, м	Z, м	Y, м	X, м	Z, м			
OXX11-1	-564,727	4356,888	193,104	-564,719	4356,891	193,099	-5		
OXX11-2	-536,424	4352,783	197,880	-536,410	4352,790	197,874	-6	5	5
OXX11-3	-479,346	4344,135	209,503	-479,346	4344,135	209,503	0	-12	-8
OXX11-4	-428,559	4336,427	214,706	-428,555	4336,428	214,700	-6	3	-4

Вывод результатов

С января 2021 года для контроля состояния устойчивости откосов дамб основного хвостохранилища Лисаковского рудника дополнительно применяется методика с использованием GNSS-технологий. Наблюдательные станции, на которых производятся геодезические измерения с использованием GNSS-технологий, могут быть представлены множеством реперов, не связанных между собой в профильные линии. Анализ результатов измерений при этом производится путем определения векторного смещения каждого репера в отдельности. Все измерения для определения пространственного положения реперов наблюдательных станций с более высокой точностью необходимо выполнять в дифференциальном режиме. При использовании режима измерений с постобработкой результатов сначала выполняются полевые измерения интересующих точек, а затем выполняется перенос результатов измерений из приемника в компьютер и обработка результатов с использованием специализированного программного обеспечения.

Заключение

На основе анализа результатов инструментальных наблюдений за состоянием устойчивости основной дамбы хвостохранилища Лисаковского рудника следует сделать следующие выводы:

1. По основной дамбе, где расположены станции по линиям: OXX5, OXX9, OXX11, OXX15+50, OXX17+50, OXX20, OXX22+50, OXX24+60, OXX27, OXX34, OXX38, OXX44 – репера имеют отклонения координат по высоте от -1мм до +8 мм и в плане от -3 мм до +6 мм, т.е. смещения реперов на теле дамбы не наблюдаются, а имеющие

ее величины отклонений координат реперов находятся в пределах точности измерений, отсюда заключение, что дамба находится в устойчивом состоянии. Однако, следует обратить внимание, на появление значительных смещений на реперах: OXX15+10 (репер 3), OXX20- (репер 3), OXX24- (репер 3), OXX27- (репер3) и OXX27- (репер 4). Детальное обследование показало, что они были повреждены грейдером при чистке берм на дамбе. В связи с этим маркшейдерской службе необходимо сделать предписание в специальном журнале и ознакомить начальника хвостового хозяйства для усиления контроля над положением реперов на дамбах при проведении специальных работ. К тому же, следует заметить появление на отдельных участках откосов дамбы деформаций в виде эрозии на поверхности откосов, наглядно видны нарушения откосов в районе пикетов 5 и 6, а также пикета 17, где имеются промоины в виде эрозии на откосах шириной от 2-3 метров и достигают 5-7 м на пикете 17 за счет скопления снега на бермах в зимний период, а весной он тает и устремляется по откосу вниз. С этой целью следует разработать мероприятия по изготовлению искусственного стока воды по пластиковым трубам.

2. Координаты связующих точек стояния электронного тахеометра следует определять на основе высокоточных инструментальных наблюдений с применением GNSS-оборудования.

3. Осуществлять геометрическое нивелирование по металлическим реперам основной дамбы в виде замкнутого хода с точностью II класса с использованием цифрового нивелира в комплекте с инварными рейками и стальными башмаками для раннего выявления возможных деформаций породных дамб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Р.Ф., Олейникова Е. А., Капасова А.З., Оралбай А.О. Лазерно-цифровые технологии измерений при наблюдениях за состоянием прибортовых массивов на карьерах. // Маркшейдерский вестник. – 2020. – №4(137). – С. 43-48 (на русском языке)
2. Nizametdinov F.K., Ozhigin S.G., Nizametdinov N.F., Oralbay A.O. Мониторинг устойчивости уступов и бортов карьеров. // Энерго- и ресурсосберегающие технологии развития сырьевой базы горнодобывающих регионов. – Петрошани: Издательство Университеты. – 2021. – С. 46-65 (на английском языке)

3. Жабко А.В., Валиев Н.Г., Половов Б.Д. Аналитический способ определения параметров процессов сдвижения горных пород. // Горный журнал. – 2020. – №3. – С. 13-17. – DOI: 10.17580/gzh.2020.03.02 (на русском языке)
4. Neil Bar, Rebecca Dixon. Открывая неизвестное: Практическое применение InSAR для мониторинга характеристик склонов и управления рисками на нескольких открытых шахтах, Австралия. // Инженерная геология. – 2021. – Т. 293 (на английском языке)
5. Низаметдинов Ф.К., Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Р.Ф., Оралбай А.О. Инструментальный контроль устойчивости рудных отвалов на площадке кучного выщелачивания. // Горный журнал. – 2022. – №2. – С. 19-22. – DOI: 10.17580/gzh.2022.02.03 (на русском языке)
6. Dong J., Zhang L., Tang M., Liao M. Отображение смещений поверхности оползня с помощью SAR-интерферометрии временных рядов с использованием сочетания постоянных и распределенных рассеивателей: тематическое исследование оползня Цзяцзю в Данба, Китай. // Дистанционное зондирование окружающей среды. – 2018. – Т. 205. – С. 180-198 (на английском языке)
7. Qingwen Zhu, Tingchun Li, Hao Zhang, Jinlin Ran. Испытание геомеханической модели True 3D для исследования характеристик реологической деформации и разрушения глубоководных дорог из мягких пород, Китай. // Туннельные и подземные космические технологии. – 2022. – Т. 128 (на английском языке)
8. Zhigang Tao, Yu Shu, Xiaojie Yang, Yanyan Peng. Тестовое исследование физической модели характеристик прочности на сдвиг поверхности скольжения на склоне в карьере Наньфэнь, Китай. // Международный журнал горной науки и техники. – 2020. – Т. 193. – С. 421-428 (на английском языке)
9. Хайтао М., Ихай Ч. Физическое моделирование дамб хвостохранилищ в Китае. Аналитический обзор. // ФТПРПИ. – 2022. – №4. – С. 26-39 (на русском языке)
10. Игемберлина М.Б., Низаметдинов Р.Ф., Естаева А.Р., Сатбергенова А.К. Применение современных технологий при проведении геодезического мониторинга сдвижений земной поверхности. // Горный журнал Казахстана. – 2020. – №3. – С. 19-24 (на русском языке)
11. Инструкция «Центры и реперы Государственной геодезической и нивелирной сетей Республики Казахстан», АЗР. – 2009. – С. 46 (на русском языке)
12. Патент на полезную модель №6179 РК от 24.12.2021 г. Мониторинговый пилон. Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Ф.К., Ожигин С.Г. и др. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Р.Ф., Олейникова Е.А., Капасова А.З., Оралбай А.О. Карьерлердегі аспаптық массивтердің жай-күйін бақылау кезіндегі Өлшеудің Лазерлік-цифрлық технологиялары. // Маркшейдер хабаршысы. – 2020. – №4(137). – Б. 43-48 (орыс тілінде)
2. Nizametdinov F.K., Ozhigin S.G., Nizametdinov N.F., Oralbay A.O. Тау-кен өңірлерінің шикізат базасын дамытудың энергия және ресурс үнемдеуші технологиялары. – Петрошани: Университеттер Баспасы. – 2021. – Б. 46-65 (ағылшын тілінде)
3. Жабко А.В., Валиев Н.Г., Половов Б.Д. Тау жыныстарының жылжу процесстерінің параметрлерін анықтаудың Аналитикалық әдісі. // Тау журналы. – 2020. – №3. – Б. 13-17. – DOI: 10.17580/gzh.2020.03.02 (орыс тілінде)
4. Neil Bar, Rebecca Dixon. Белгісізді ашу: бірнеше ашық шахталарда беткейлердің өнімділігін бақылау және тәуекелдерді басқару үшін InSAR практикалық қолданылуы, Австралия. // Инженерлік геология. – 2021. – Т. 293 (ағылшын тілінде)
5. Низаметдинов Ф.К., Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Р.Ф., Оралбай А. О. Үймелі шаймалау алаңындағы кен үйінділерінің тұрақтылығын аспаптық бақылау. // Тау журналы. – 2022. – №2. – Б. 19-22. – DOI: 10.17580/gzh.2022.02.03 (орыс тілінде)
6. Dong J., Zhang L., Tang M., Liao M. Тұрақты және үлестірілген диффузорлардың тіркесімін қолдана отырып, уақыт қатарының SAR интерферометриясы арқылы көшкін бетінің жылжуын картаға түсіру: Данбадағы Цзяцзю көшкінінің жағдайлық зерттеуі. Қытай. // Қоршаған ортаны қашықтықтан зондау. – 2018. – Т. 205. – Б. 180-198 (ағылшын тілінде)
7. Qingwen Zhu, Tingchun Li, Hao Zhang, Jinlin Ran. True 3D геомеханикалық моделін сынау, реологиялық деформация мен жұмсақ жыныстардың терең теңіз жолдарының сыну сипаттамаларын зерттеу, Қытай. // Туннель және жерасты ғарыштық технологиялары. – 2022. – Т.128 (ағылшын тілінде)
8. Zhigang Tao, Yu Shu, Xiaojie Yang, Yanyan Peng. Нанфен карьеріндегі еңістегі сырғанау бетінің сдысу күшінің физикалық үлгісін сынау, Қытай. // Тау-кен ғылымы мен техникасының халықаралық журналы. – 2020. – Т. 193. – Б.421-428 (ағылшын тілінде)

9. Хайтао М., Ихай Ч. Қытайдағы қалдық қоймаларының бөгеттерін физикалық модельдеу. Аналитикалық шолу. // FTPRPI. – 2022. – №4. – Б. 26-39 (орыс тілінде)
10. Игемберлина М.Б., Низаметдинов Р.Ф., Естаева А.Р., Сатбергенова А.К. Жер бетінің жылжуына геодезиялық мониторинг жүргізу кезінде заманауи технологияларды қолдану. // Қазақстанның тау-кен журналы. – 2020. – №3. – Б. 19-24 (орыс тілінде)
11. «Қазақстан Республикасының Мемлекеттік Геодезиялық және нивелирлік желілерінің орталықтары мен реперлері» нұсқаулығы, АЗР. – 2009. – Б. 46 (орыс тілінде)
12. Пайдалы модельге Патент №6179 ҚР 24.12.2021 ж. Мониторингтік пилон. Низаметдинов Н.Ф., Низаметдинов Ф.К., Ожигин С.Г. және т. б. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Nizametdinov N.F., Nizametdinov R.F., Oleynikova E. A., Kapasova A.Z., Oralbai A.O. Lazerno-tsifrovyye tehnologii izmerenij pri nablyudeniyah za sostoyaniem pribortovyh massivov na kar'erah [Laser-digital measurement technologies for observations of the state of instrument arrays at quarries]. // Markshejderskij vestnik. = Surveying Bulletin. – 2020. – №4(137). – P. 43-48 (in Russian)
2. Nizametdinov F.K., Ozhigin S.G., Nizametdinov N.F., Oralbai A.O. Monitoring of the benches and sides stability of the quarries. // Energy- and Resource-Saving Technologies of Developing the Raw-Material Base of Mining Regions. – Petroşani: Universitas Publishing. – 2021. – P. 46-65 (in English)
3. Zhabko A.V., Valiev N.G., Polovov B.D., Analiticheskiy sposob opredeleniya parametrov protsessov sdvizheniya gornoy porod [Analytical method for determining parameters of processes of rock movement]. // Gornyy zhurnal [Mining Journal]. – 2020. – №3. – P. 13-17. – DOI: 10.17580/gzh.2020.03.02 (in Russian)
4. Neil Bar, Rebecca Dixon. Unveiling unknowns: Practical application of InSAR for slope performance monitoring and risk management across multiple surface mines, Australia. // Engineering Geology. – 2021. – Vol. 293 (in English)
5. Nizametdinov F.K., Nizametdinov N.F., Nizametdinov R.F., Oralbai A.O. Instrumental stability control of ore dumps at the heap leaching site. // Mining Journal. – 2022. – №2. – P. 19-22. – DOI: 10.17580/gzh.2022.02.03 (in English)
6. Dong J., Zhang L., Tang M., Liao M. Mapping landslide surface displacements with time series SAR interferometry by combining persistent and distributed scatterers: A case study of Jiaju landslide in Danba, China. // Remote Sensing of Environment. – 2018. – Vol. 205. – P. 180-198 (in English)
7. Qingwen Zhu, Tingchun Li, Hao Zhang, Jinlin Ran. True 3D geomechanical model test for research in rheological deformation and failure characteristics of deep soft rock roadways, China. // Tunneling and Underground Space Technology. – 2022. – Vol. 128 (in English)
8. Zhigang Tao, Yu Shu, Xiaojie Yang, Yanyan Peng., Physical model test study on shear strength characteristics of slope sliding surface in Nanfen open-pit mine, China. // International Journal of Mining Science and Technology. – 2020. – Vol. 193. – P. 421-429 (in English)
9. Haitao M., Yihai Ch. Fizicheskoe modelirovanie damb hvostohranilishch v Kitae [Physical modeling of tailings dams in China]. // Analiticheskiy razbor [Analytical review]. // FTPRPI. – 2022. – No.4. – P. 26-39 (in Russian)
10. Igemberlina M. B., Nizametdinov R. F., Estaeva A. R., Satbergenova A. K. Primenenie sovremennyh tehnologij pri provedenii geodezicheskogo monitoringa sdvizhenij zemnoj poverhnosti [Application of modern technologies in geodetic monitoring of Earth surface movements]. // Gornyy zhurnal Kazakhstana [Mining Journal of Kazakhstan]. – 2020. – No.3. – P. 19-24 (in Russian)
11. Instruktziya «Tsentry i repery Gosudarstvennoy geodezicheskoy i nivelirnoj setej Respubliki Kazakhstan» [Instruction «Centers and reference points of the State geodetic and leveling networks of the Republic of Kazakhstan»], AZR. – 2009. – P. 46 (in Russian)
12. Patent na poleznyuyu model' №6179 RK ot 24.12.2021 g. Monitoringovyj pylon [Utility model Patent No.6179 of the Republic of Kazakhstan dated 12/24/2021. Monitoring pylon]. – Nizametdinov N.F., Nizametdinov F.K., Ozhigin S.G., etc. (in Russian)

Сведения об авторах:

Низаметдинов Ф.К., доктор технических наук, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), niz36@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1933-6351>

Ожигин Д.С., доктор PhD, и.о. доцента кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), dddn117@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2443-3068>

Низаметдинов Р.Ф., кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), niz36@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5857-3886>

Ситникова Е.В., старший преподаватель кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), katya_sitnikova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9139-9808>

Авторлар туралы мәліметтер:

Низаметдинов Ф.К., техника ғылымдарының докторы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры (Қарағанды қ., Қазақстан)

Ожигин Д.С., PhD докторы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының доцентінің м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)

Низаметдинов Р.Ф., техника ғылымдарының кандидаты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының доценті м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)

Ситникова Е.В., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Nizametdinov F.K., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Mine Surveying and Geodesy» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Ozhigin D.S., Doctor of PhD, Senior Lecturer of the Department of «Mine Surveying and Geodesy», Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Nizametdinov R.F., candidate of technical sciences, acting Associate Professor of the Department «Mine Surveying and Geodesy» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Sitnikova E.V., Senior Lecturer of the Department of «Mine Surveying and Geodesy», Non-Commercial Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

micromine

ТЕХНОЛОГИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ГОРНОЙ ДОБЫЧИ

Компания Micromine Central Asia
поздравляет с Днём Шахтёра!



ТОО «МАЙКРОМАЙН Центральная Азия», 050062, Казахстан, Алматы
ул. Кабдолова 16, корпус 1, офис 501
Т: +7 727 349 39 94
Представительство MICROMINE PTY LTD, 100000, Узбекистан, Ташкент
ул. Мустакиллик 88а, БЦ «Дархан», офис 101
Т: +998 (71) 140 41 64



micromine.com

