

В этом случае грузотранспортная схема следующая: карьерные автосамосвалы, крутонаклонный конвейер, карьерные автосамосвалы.

Технологический комплекс ЦПТ с КНК включает в себя выемочно-погрузочное оборудование, карьерные автосамосвалы, внутрикарьерный дробильно-перегрузочный пункт, крутонаклонный конвейер, перегрузочный пункт на поверхности, железнодорожный или автомобильный транспорт.

### Выводы и направления дальнейших исследований

Таким образом, внедрение циклично-поточной технологии на более высоком уровне предусматривает применение крутонаклонных конвейеров с открытым расположением по борту карьера, что обеспечивает быстрые темпы строительства, снижение объемов горнокапитальных работ, меньшие затраты. Это позволяет разместить их в любом участке борта карьера и обеспечить грузотранспортную связь добычных горизонтов с поверхностью.

Для промышленного применения ЦПТ с КНК предварительно необходимо провести научно-исследовательские изыскания, решить технические и технологические задачи, проработать конструкторские особенности оборудования технологического комплекса, поэтому первоочередной задачей является разработка, проектирование и строительство опытно-промышленного участка.

### Библиографический список

1. Циклично-поточная технология на глубоких карьерах. Перспективы развития / М. С. Четверик, В. В. Перегудов, А. В. Романенко и др. – Кривой Рог: Дионис, 2012. – 356 с.: ил., табл.
2. Перспективы применения крутонаклонных конвейеров при циклично-поточной технологии горных работ на карьерах Кривбасса / М. С. Четверик, Е. В. Бабий, А. А. Икол, В. В. Терещенко // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* – 2010. – № 5. – С. 94-98.

Поступила 22.09.2014



УДК 622.271:342

Производство

Дриженко А. Ю., Никоненко А. В.  
Национальный горный университет

## Совершенствование конструкции ленточных конвейеров при углублении железорудных карьеров

*Показано, что увеличение глубины карьеров, изменение параметров систем разработки, сложности с понижением горных пород вызывают необходимость совершенствования схем вскрытия, технологических схем и оборудования циклично-поточной технологии с учетом применения крутонаклонных конвейеров. Приведена технологическая схема отработки глубоких горизонтов карьеров крутыми слоями. Показана целесообразность при проведении горных работ по этой системе применения циклично-поточной технологии с крутонаклонными конвейерами. Приведена конструкция крутонаклонного ленточно-тележечного конвейера. Применение такого конвейера позволяет транспортировать куски горной массы до 700-800 мм с глубоких горизонтов карьеров к действующим комплексам ЦПТ. Ил. 2. Библиогр.: 6 назв.*

**Ключевые слова:** глубокие карьеры, рабочая зона, крутонаклонные ленточные конвейеры, технико-экономические показатели

*It is shown that the increase of open pits depth, development system parameterization, complexity with reduction of mining causes the necessity to improve opening schemes, technological schemes and equipment of cyclical-and-continuous method considering the application of high-angle conveyors. Technological scheme of processing of deep levels of open pits by sharp layers is given. Practicability during mining operations according to this scheme of application of cyclical-and-continuous method with high-angle conveyors is given. Application of such conveyer allows to transport the pieces of mined rock up to 700-800 mm from deep layers of open pits to the active complex of cyclical-and-continuous method.*

**Keywords:** deep open pits, working area, high angle belt conveyor, technical and economic features

### Проблема и ее связь с научными и практическими задачами

На карьерах Кривбасса получила распространение циклично-поточная технология с на-

клонными конвейерами в комплексе с дробилками крупного дробления, при которой осуществляют перенос перегрузочных пунктов в соответствии с перемещением горных работ.

Эту технологию применяют на карьере Ингулецкого ГОКа. Применяют также автомобильно-конвейерный транспорт, при котором внутри-карьерный перегрузочный пункт не переносят. Такую технологическую схему применяют на Анновском карьере СевГОКа. Приняты, в основном, подземные схемы вскрытия горизонтов. Применение наклонных конвейеров с подземным вскрытием горизонтов, а также перегрузочных узлов с конусными дробилками приводит к удорожанию циклично-поточной технологии, снижению ее эффективности. Особенно актуальной стала эта проблема при достижении карьерами глубин 400 м, когда карьерные технологические горнотранспортные системы карьеров весьма усложнились [1]. В этих условиях возникла необходимость применения технологических схем и оборудования циклично-поточной технологии, учитывающих состояние горных работ на карьерах (увеличение углов бортов карьеров, минимальная ширина рабочих площадок и др.) и обеспечивающих высокую экономическую эффективность.

#### Анализ исследований и публикаций

Основные положения применения автомобильно-конвейерного транспорта на глубоких карьерах были разработаны проф. М. Г. Новожиловым в 1961-1965 гг. Впервые в Кривбассе опытный участок циклично-поточной технологии для перемещения крепких скальных пород был введен в эксплуатацию в 1971 г. на карьере № 1 НКГОКа. Угол наклона конвейера составлял  $16^\circ$ , высота подъема 110 м [2]. Перегрузка горной массы из автосамосвалов на конвейер первоначально осуществлялась через колосниковые грохота. Поскольку надежность их работы была невысокой, впоследствии они были заменены конусной дробилкой ККДВ-900/180. Применение циклично-поточной технологии позволило снизить дальность транспортирования горной массы автосамосвалами в 1,2-1,4 раза, уменьшить эксплуатационные расходы и улучшить условия работы автосамосвалов [2].

В промышленном масштабе циклично-поточная технология была применена в 1974 г. в Кривбассе на карьере ИнГОКа. Длина конвейера, расположенного в наклонном стволе под углом  $16^\circ$ , составила 535 м. Ширина ленты 2000 мм, скорость движения 3,15 м/с, производительность 6000 т в час. Первоначально, на стадии проектирования, Кривбасспроектом предусматривалось оборудовать узел перегрузки горной массы из автосамосвалов на конвейер только грохотами. Однако в дальнейшем, для повышения надежности работы перегрузочного пун-

кта, кроме грохотов была установлена конусная дробилка ККД-1500/180. В последующем от применения грохотов отказались.

#### Постановка задачи

В горнодобывающей промышленности, на глубоких карьерах получают распространение различные типы крутонаклонных конвейеров. Их использование позволяет применять вскрытие горизонтов открытыми горными выработками, что снижает затраты. Кроме того появилась возможность применять конвейерные подъемники с транспортированием крупнокусковой горной массы без ее механического дробления в карьере. В этой связи для условий карьеров Кривбасса для дальнейшего развития автомобильно-конвейерного транспорта возникла необходимость решения в комплексе следующих вопросов: выбор рационального развития горных работ, обеспечивающего эффективное вскрытие горизонтов; разработка конструкции конвейерного подъемника, обеспечивающего транспортирование крупнокусковой горной массы, позволяющего избежать крупного механического дробления в карьере; повышение эффективности дробления горных пород взрывом, обеспечивающее их транспортирование конвейером.

#### Изложение материала и результатов

Для улучшения организации выемки пустых пород, при возрастающем графике текущего коэффициента вскрыши, предлагается изменить направление отработки уступов с горизонтального на крутонаклонное под углом  $38-42^\circ$  к горизонту [1, 3]. В этом случае рабочую зону карьера по породам вскрыши формируют из ряда крутонаклонных слоев, расположенных вкрест простирания рудной залежи. Горизонтальная ширина каждого не менее 50-60 м, что соответствует минимальным размерам рабочих площадок в глубоких карьерах (рис. 1).

Выемка горной массы, при которой отработка уступов в крутонаклонном слое ведется последовательно друг за другом сверху вниз с опережением вышележащего, называется почвоуступной. При этом рабочая площадка в крутонаклонном слое ориентируется вдоль фронтального борта карьера под углом наклона до  $20-30^\circ$  к простиранию и обрабатывается в направлении от торца с капитальными транспортными съездами к противоположному. Изменения направления подвигания фронта горных работ на крутонаклонное в пределах устойчивого состояния обнаженного горного массива позволяет значительно увеличить угол наклона рабочего борта [3].

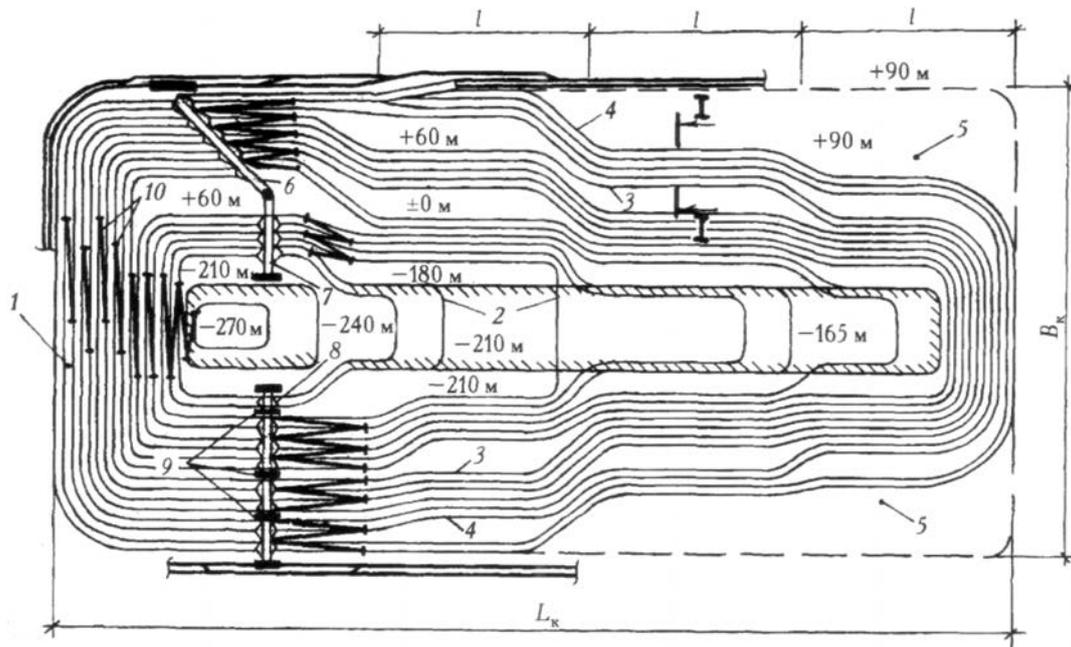


Рис. 1. Схема поэтапной разработки пород вскрыши крутонаклонными слоями в плане:

1 – торец карьера с постоянными автомобильными съездами; 2 – добычные уступы; 3 и 4 – нижние и верхние рабочие уступы в этапе; 5 – участки пород вскрыши, предусмотренные к отработке после достижения предельной глубины; 6 – действующий конвейерный подъемник с дробилкой ККД-1500/180; 7 и 8 – крутонаклонные ленточно-тележечные конвейеры (КЛТК) для подъема руды и вскрыши; 9 – промежуточные пункты загрузки КЛТК; 10 – автомобильные съезды.

Принятые обозначения: / – длина заходок, м;  $L_k$  и  $B_k$  – соответственно длина и ширина карьера, м.

Цифры внутри схемы – отметки глубин карьера в метрах

Реализация новой технологии вскрышных работ выполнялась на карьерах ПАО «Арселор-Миталл Кривой Рог» в 2004-2011 гг. Здесь, на карьере № 3, в качестве полезного ископаемого отрабатываются магнетитовые железистые кварциты горизонта  $K_2^{4ж}$  на глубине до 300 м. Угол падения рудного тела 55-70°. Предельная глубина отработки составляет 500 м и может быть увеличена в будущем. В качестве пород вскрыши разрабатываются окисленные кварциты горизонтов  $K_2^{5ж}$ ,  $K_2^{6ж}$  и сланцы. Рудное тело интенсивно смято в лежащие и близкие к ним складки, что создает значительные трудности при эксплуатации. Истинная мощность рудной залежи изменяется от 100 м на юге до 440 м в центральной части, уменьшаясь до 19 м на севере. Максимальная глубина распространения окисленных кварцитов 335 м. Плановая производительность добычи руды 20 млн т/год, вскрыши – 4,2 млн  $m^3$ /год. Исследованиями [1] установлено, что планомерную выемку пород вскрыши следует производить по висячему борту залежи крутонаклонными слоями с шириной рабочих площадок 55-60 м.

Скорректированное положение рабочих площадок в этапе позволяет эксплуатировать на них целое число экскаваторов, но сопровождается возрастающим с глубиной количеством уступов. При этом в каждом слое одним экска-

ватором последовательно отрабатывают уступы высотой 15 м сверху вниз вдоль фронтального борта с почвоуступным понижением рабочей площадки. При достижении ею нижнего положения в этапе экскаватор направляется на ремонт или поднимается на колесной платформе для отработки верхнего уступа в новом этапе или слое. Для рассмотренных условий наиболее приемлемой моделью экскаватора, как по производительности, так и по организации работы, является ЭКГ-8И. В результате внедрения полученных рекомендаций угол наклона рабочего борта карьера № 3 увеличен с 20-21° до 34-40°, вследствие чего текущий коэффициент вскрыши снижен до 0,22  $m^3$ /т (проектное значение 0,32  $m^3$ /т). До 2016 г. объемы выемки вскрышных пород будут уменьшены на 21 950 тыс.  $m^3$ . При таких углах наклона бортов рационально применение автомобильно-конвейерного транспорта с крутонаклонными конвейерами.

Для расширения области применения конвейерного транспорта и повышения его эффективности на глубоких карьерах оптимальным решением является создание конвейеров такой конструкции, которая обеспечила бы транспортирование крупнокускового скального материала под углом подъема до 36-42°. Более чем на 50 карьерах мира эксплуатируют крутонаклонные конвейерные системы. Наибольший эффект до-

стигается при комбинированном транспорте, когда после дробления горная масса транспортируется из карьера конвейерами с прижимной лентой типа «сэндвич» или с перегородками на грузовом полотне. Крутонаклонные конвейеры подобного типа в карьере производительностью до 6500 т/ч и углом подъема до 35° эксплуатируются в одной технологической схеме с магистральными и отвальными конвейерными установками на поверхности. Корпорацией «Флексовол» (США) создан конвейер для подъема под углом до 90° материала с содержанием кусков руды крупностью не более 400 мм. Производительность установки 4000 т/ч, скорость движения ленты 5 м/с. При этом используют преимущественно резиновосовую ленту специального профиля с гофрированными боковыми стенками и твердыми поперечными перегородками.

На карьере «Мурунтау» Навоинского горно-металлургического комбината (НГМК, Узбекистан) с 2011 г. эксплуатируется технологический комплекс «ЦПТ-руда» в составе крутонаклонного ленточного конвейера КНК-270 с прижимной лентой производительностью 3500 т/ч, шнекозубчатой дробилки и складного приемно-разгрузочного оборудования. Высота подъема горной массы 270 м, угол наклона конвейера к горизонту 37°, длина 480 м. Крепость транспортируемой золотосодержащей руды 7-15 по шкале М. М. Протоdjяконова. Крупность кусков руды, доставляемой автосамосвалами, до 1300 мм, после дробления – 300 мм. Основание конвейера смонтировано из 12 секций длиной до 51 м и массой до 84 т на металлических опорах без сооружения крутонаклонной траншеи и разноса погашенного борта карьера. Обе ленты КНК-270 шириной 2000 мм приводятся в движение групповым электроприводом общей мощностью 5040 кВт. Годовая производительность подъемника 16 млн т. Численность обслуживающего персонала до 30 человек [4].

Эффективность внедрения КНК-270 обусловлена уменьшением протяженности транспортирования руды автосамосвалами на 3,5 км и высоты подъема на 285-320 м, а также снижением капитальных и эксплуатационных затрат (по сравнению с типовыми конвейерами) на 20 и 50 %, соответственно. Внедрение комплекса обеспечивает возможность разработки месторождения открытым способом до глубины 1000 м. Ожидаемый экономический эффект от внедрения проекта составит 1,4 млн долл.

Следует отметить, что конвейер с прижимной лентой обеспечивает меньшие габариты и массу конструкций по сравнению с обычными ленточными конвейерами, увеличивает срок службы металлоконструкций по всей трас-

се конвейерной линии. При этом уменьшаются горно-строительные работы при проходке вскрывающих выработок. Однако устройство в голове транспортного оборудования дробилки усложняет и удорожает процесс выдачи горной массы на поверхность, тем более что в Кривбассе крепость магнетитовых кварцитов значительно выше, а на глубоких горизонтах карьеров уже эксплуатируют конусные дробилки типа ККД-1500/180.

В связи с этим особый интерес представляют крутонаклонные конвейеры, которые способны транспортировать горную массу без предварительного дробления. Эти конвейеры относятся к трубчатым. Их рабочий орган, вместе со вспомогательными элементами, создает замкнутое пространство, которое обеспечивает удержание груза в условиях всестороннего его обжатия. Угол подъема такими установками превышает 40°. Разработана конструкция крутонаклонного ленточно-тележечного конвейера (КЛТК) трубчатого типа, где масса перемещаемого груза используется для обжатия ленты и надежного удержания на участке его трассы (Пат. 14372 Украина: МПК 7 В 656 15/00. Крутопохилий стрічковий конвеєр / А. Х. Дудченко, А. Ю. Дриженко, В. І. Симоненко та ін.; заявник і патентовласник НГУ; опубл. 25.12.97, Бюл. № 2 ) Загрузка и разгрузка КЛТК осуществляется на горизонтальном участке. Нагруженная лента под действием груза прогибается и при входе на подъем с помощью дугообразных рычагов с траверсами сжимается в трубу. Перемещение ее осуществляется по профильной колее на ходовых тележках, соединенных между собой тяговой цепью (рис. 2).

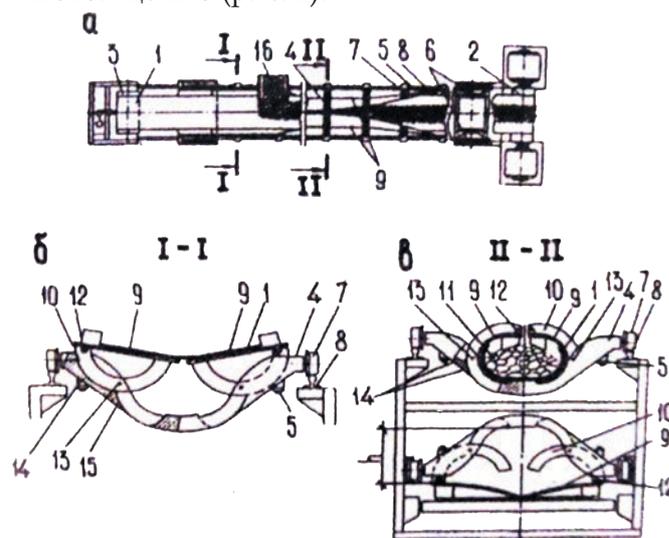


Рис. 2. Схема крутонаклонного ленточно-тележечного конвейера:

а – пункты загрузки и разгрузки горной массы; б и в – схемы несущих лент в трубу под действием массы груза

Основная идея, по которой разработано новое техническое решение в области крутонаклонных конвейеров, заключается в использовании силы тяжести груза на несущей ленте 1 для обжатия самого груза и надежного удержания его на крутонаклонной части конвейера. При этом несущая лента переходит через натяжной барабан 3 и давит на траверсы 4, которые цепной связью 5 соединены друг с другом и перемещают их за собой. Погрузочной машиной, например, виброживильником 16 горная масса 11 укладывается на несущую ленту, движущуюся с необходимой скоростью для обеспечения заданной производительности. Загруженная лента под действием силы тяжести горной массы прогибается и давит на нижние плечи дугообразных рычагов 10. Концы их верхних плеч соединены шарниром 12 с краем боковых лент 9, частично подстилающие несущую ленту. Двуплечные рычаги, вращаясь под влиянием момента сил на шарнирах 13, переходят из холостого положения в рабочее до состояния, когда нижние плечи рычагов зафиксированы об опорную поверхность траверсы 15. При этом несущая лента 1 с горной массой совместно с боковыми 9 опускается на траверсу и замыкается двуплечными рычагами 10. Таким образом образуется труба с несущей лентой и двух боковых, частично ее подстилающих. Боковые ленты перекрывают горную массу, надежно связаны двуплечными рычагами и исключают их движение, поскольку прижаты упругими элементами.

В условиях действующих карьеров, где в верхней зоне уже эксплуатируют системы автомобильно-железнодорожного транспорта и ленточные конвейера с дробилками крупного дробления, вскрытия глубоких горизонтов с применением крутонаклонных ленточно-тележечных конвейеров целесообразно осуществлять как открытыми, так и подземными горными выработками. Для существенного сокращения длины транспортировки эти системы можно применить при угле откоса борта карьера до  $45^\circ$ . В этом случае нецелесообразно оборудовать приемный пункт дробилкой крупного дробления, что упрощает организацию ведения горных работ и снижает объем работ по созданию комплекса.

КЛТК предназначен для транспортирования недробленной скальной горной массы крупностью до 700 мм. Производительность подъемника до 4000 т/ч. Используется стандартная резинокросовая лента шириной 2000 мм. Длина одного става обеспечивает транспортирование горной массы на глубину 200-250 м без промежуточной перегрузки с одного конвейера на другой. На отдельных горизонтальных участках трассы,

в отличие от известных конструкций крутонаклонных конвейеров, возможно раскрытие трубы для дозагрузки ленты горной массой из автосамосвалов на перегрузочных пунктах простейшей конструкции. Разгрузка КЛТК выполняется на действующие экскаваторные перегрузочные пункты автомобильно-железнодорожного транспорта или в дробилки крупного дробления конвейерных подъемников (см. рис. 1).

При разработке крутопадающих вытянутых месторождений железных руд на глубину до 500-600 м рекомендуемая горно-транспортная система имеет существенные преимущества перед другими. Обработка пород вскрыши крутонаклонными слоями позволяет эксплуатировать глубокие карьеры при минимально возможном текущем коэффициенте вскрыши с достижением его максимального значения, равногo граничному, в период освоения проектной глубины на одном из торцов карьерного поля. Ввод на глубокие горизонты крутонаклонных ленточно-тележечных конвейеров позволит отказаться от применения в голове их дробилок крупного дробления и продуктивно использовать существующие конвейерные подъемники в единой транспортной цепи. Сокращение расстояния перевозки горной массы автосамосвалами до минимума положительно решает проблемы рентабельности добычных работ, загазованности карьерного пространства и экономии дефицитных горючесмазочных материалов.

### Выводы и направления дальнейших исследований

1. Угол наклона рабочего борта карьера № 3 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» увеличен с  $20-21^\circ$  до  $34-40^\circ$ , вследствие чего текущий коэффициент вскрыши снижен до  $0,22 \text{ м}^3/\text{т}$  (проектное значение  $0,32 \text{ м}^3/\text{т}$ ). До 2016 г. объемы выемки вскрыши будут уменьшены на 21 950 тыс.  $\text{м}^3$ .

2. Рассредоточение погрузочных пунктов по длине КЛТК в зоне углубления с шагом 30-45 м позволяет устранить проблемы с промежуточным приводом подъемника. Это направлено также и на уменьшение расстояния перемещения горной массы автосамосвалами и снижением затрат на их эксплуатацию в 2-3 раза, что существенно образом сказывается на экономичности транспортного процесса в целом.

3. Сооружение трассы КЛТК на глубину 250 м с четырьмя погрузочными пунктами вдоль конвейерной линии, и устройство в местах погрузки горизонтальных площадок длиной 30-40 м каждая, требует формировать участки борта карьера в предельном положении всего на протяжении 420-460 м.

**Библиографический список**

1. Дриженко А. Ю. Карьерные технологические горнотранспортные системы. – Днепропетровск: ГВУЗ «НГУ», 2011. – 542 с.
2. Четверик М. С. Циклично-поточная технология на глубоких карьерах. Перспективы развития / М. С. Четверик, В. В. Перегудов, А. В. Романенко и др. – Кривой Рог: Дионис, 2012. – 356 с.
3. Дриженко А. Ю. Почвоуступная выемка пород вскрыш крутонаклонными слоями при открытой разработке крутопадающих железнорудных месторождений // Геотехнологические проблемы комплексного освоения недр. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН. – 2008. – Вып. 4 (94). – С. 96-101.
4. Санакулов К. С. Глубокие вводы поточно-го звена ЦПТ в карьере «Мурунтау» // Санакулов К. С., Шелепов В. И. Рациональное освоение недр. – 2011. – № 4. – С. 52-57
5. Paelke J. W. Преимущества вертикальных конвейерных систем ROCKETLIFT и ROCKETROPE по сравнению с традиционными системами вертикальной транспортировки сыпучих материалов / J. W. Paelke, R. Gunther, F. Kessler // Горная промышленность. – 2007. – № 5 (75). – С. 24-29.
6. Paelke J. W. Преимущества вертикальных конвейерных систем ROCKETLIFT и ROCKETROPE по сравнению с традиционными системами вертикальной транспортировки сыпучих материалов / J. W. Paelke, R. Gunther, F. Kessler // Горная промышленность. – 2007. – № 6 (76). – С. 35-37.

**Поступила 04.11.2014**



УДК: 528.083

Наука

**Сидоренко В. Д. /д. т. н./, Намінат О. С.**  
Криворізький національний університет

## **Методика зйомки лінійних споруд методом наземного лазерного сканування для подальшого моніторингу**

*З метою підвищення ефективності зйомки та моніторингу лінійних інженерних споруд можна використовувати цифрові моделі цього об'єкту, створені на основі лазерно-скануючих систем. Маючи дві та більше таких моделей, зроблених у різний час з певним періодом, можна вести моніторинг цього об'єкту. У даній статті викладена методика зйомки лінійної споруди наземним лазерним сканером на прикладі автострою. Розглянутий підхід до знімання від підготовки приладу, вибору місця розташування пунктів планово-висотного об'єкту до обробки результатів сканування. Визначенні залежності, використання яких дозволяє підвищити точність отримуваних результатів. Це залежність кроку сканування від відстані та висоти наземного лазерного сканера. Виходячи з необхідної точності ведення робіт, наведені розрахунки вибору кроку сканування, висоти сканера та відстаней до марок, що використовуються для прив'язки та орієнтування точкових моделей. Іл. 4. Бібліогр.: 6 найм.*

**Ключові слова:** моніторинг, наземний лазерний сканер, лінійна споруда

*To improve the efficiency of linear surveying and monitoring of engineering structures, you can use the digital model of the object created from the laser-scanning systems. Having two or more of these models, taken at different times with a certain period, it is possible to monitor the object. This article sets out the methodology shooting line facility terrestrial laser scanner on the example of the road. An approach to the measurement of training device, select the location of the items planned height control to the processing of the scanned. The dependence of the use of which can improve the accuracy of the results. This dependence of the pitch of the scanning distance and height of terrestrial laser scanner. Based on the required accuracy of reference works, given the choice of scanning step calculations, the height of the scanner and the distances to the brands used for the binding and orientation of point models.*

**Keywords:** monitoring, ground laser scanner, a linear structure

Стан промислових міст зараз багато в чому залежить від інтенсивності техногенного впливу людини і зведення нових структур для по-

ліпшення економіки. Але ці зміни не рідко призводять до негативних наслідків. Для сучасного міста сьогодні дуже важливі транспортні сполу-