

УДК 622.271.46

Слободянюк В.К.

Криворожский национальный университет

Слободянюк Р.В.

Криворожский национальный университет

АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА СХЕМ КАРЬЕРНЫХ НАКЛОННЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

В статье выполнен анализ основных схем карьерных наклонных подъемных установок. Для снижения в транспортном цикле автосамосвалов потерь времени, связанных с холостым пробегом, предложено использовать карьерные наклонные установки для спуска в карьер порожних автосамосвалов. Обосновано, что в качестве подъемных машин в карьерных установках рационально использовать машины с цилиндрическим барабаном. Выполнена конструкторская проработка и определены параметры подъемной машины с полиспастной подвеской одной платформы для спуска автосамосвалов. Предложены новые технические решения для подъемных машин с двумя платформами, которые попеременно используются для спуска в карьер порожних автосамосвалов.

Ключевые слова: карьерная наклонная подъемная установка, холостой пробег автосамосвалов, барабанная подъемная машина, полиспастная подвеска подъемных сосудов, ресурсосберегающая технология.

Постановка проблемы. К концу XX в. был достигнут значительный прогресс в разработке и внедрении шахтных подъемных установок большой грузоподъемности. Известны примеры эксплуатации шахт глубиной, превышающей 2 000 м, грузоподъемность шахтных подъемных машин достигла 50–60 тонн и более. Успехи в разработке шахтных подъемных машин возобновили интерес к использованию крутонаклонных подъемных установок в глубоких карьерах [1–6]. В 60-е гг. в США, Южной Америке и Китае было реализовано более 10 проектов наклонных карьерных скиповых подъемников [1; 2]. В 1972 г. западногерманская компания Siemag построила единственный в СССР наклонный скиповой подъемник на Сибайском карьере [5]. Наряду с разработкой и внедрением скиповых наклонных подъемников, ряд коллективов авторов работал над идеей использования наклонного подъемника для спуска порожних и подъема груженых карьерных автосамосвалов [7–9]. Однако многочисленные проекты в этом направлении не были реализованы. Причиной этого является не только техническая сложность карьерных наклонных подъемных установок, которые должны по своим параметрам соответствовать карьерному автотранспорту, но и

сомнения в экономической эффективности такого рода установок в современном карьере. Установки, предназначенные для спуска порожних и подъема груженых самосвалов, отличаются высокой металлоемкостью и сложностью технических решений по реализации многоканатного подъема.

Результаты имитационного моделирования работы карьера с наклонной подъемной установкой для спуска порожних и подъема груженых самосвалов показывают, что в таком карьере формируются два потока автосамосвалов: от нижней разгрузочной площадки подъемника – поток порожних автосамосвалов к экскаваторным забоям, а от экскаваторных забоев – поток груженых самосвалов к нижней погрузочной площадке подъемника. Главной технологической особенностью такой схемы является возникновение с высокой вероятностью очередей порожних автосамосвалов, ожидающих спуска в карьер, и груженых автосамосвалов, ожидающих подъема из карьера. Подъемное устройство выступает в роли ограничивающего перегона. В немногочисленных работах [10], анализирующих эффективность данного вида транспорта, отмечается сложность достижения и поддержания требуемого уровня производительности карьера. Использование подъемной

установки только с одной платформой для попеременного спуска порожних или груженых самосвалов изначально формирует в транспортном цикле самосвалов узкое место и обуславливает возникновение очередей. Улучшить технологические показатели открытых горных работ возможно за счет строительства двух подъемных установок, но для этого потребуется вдвое больше инвестиций. Можно признать эффективным использование такого устройства в карьере с невысокой производительностью и с бортами, расположенными в крепких монолитных породах. В таком карьере размещение на его борту системы технологических автомобильных дорог будет являться фактором, увеличивающим объем вскрыши в конечном контуре карьера.

Прогресс в горном машиностроении увеличил надежность карьерных автосамосвалов и привел к увеличению рационального расстояния транспортирования горной массы. Известны примеры, когда дальность транспортирования горной массы карьерными автосамосвалами достигает 10 км и более. В таких условиях основным негативным фактором, требующим своего решения, является холостой пробег автосамосвалов. Односторонняя направленность карьерных грузов, равенство грузового и порожнего пробега автосамосвалов является главной особенностью сборочного карьерного транспорта; устранение холостых пробегов карьерного транспорта можно рассматривать в качестве основного пути повышения эффективности карьерного транспорта.

Анализ последних исследований и публикаций. Большой вклад в развитие теории наклонных карьерных подъемников внес В.И. Белобров [11; 12]. В его трудах рассмотрены многоканатные наклонные карьерные подъемники, предназначенные для спуска и подъема карьерных автосамосвалов, а также для подъема скипов грузоподъемностью 120 и более тонн. Однако основная направленность исследований была ориентирована на подъем груза на поверхность. Для решения поставленной задачи использовался многоканатный подъем с большим углом обхвата приводных шкивов ($\alpha = 3\pi$). С увеличением α тяговая способность подъемной машины повышается:

$$S_2 = S_1 e^{\alpha f},$$

где S_2 – натяжение ветви канатов, поднимающей загрузенный сосуд;

S_1 – то же со стороны порожнего сосуда;

f – коэффициент сцепления (трения) между канатом и футеровкой приводных шкивов (0,2÷0,3).

Подъемные установки с несколькими ведущими шкивами трения имеют тяговую способность в 3–6 раз большую, чем одноприводные машины. Недостатком такой установки [6] является то, что тяговые канаты подвергаются многократным (до 8–9 раз) перегибам на шкивах за подъемный цикл, причем половина из них приходится на изгибы в разных направлениях, что приводит к сокращению сроков службы канатов.

Компания Siemag разработала проект наклонного подъемника для груженых самосвалов, который оборудован одной платформой с противовесом [13]. В данной разработке также используется многоканатный подъем с большим углом обхвата шкивов трения.

В мире известно несколько примеров использования подъемников автосамосвалов при производстве горных работ в экстремальных условиях – при строительстве гидротехнических сооружений в горной местности (Nant de Drance, Tokuyama, Tateyama, Miyagase, Kaprun и др.). Грузоподъемность этих подъемников не превышает 40 тонн.

Постановка задачи. Целью работы является разработка и обоснование рациональных конструкций карьерных наклонных подъемников, использование которых обеспечит снижение холостых пробегов карьерных автосамосвалов.

Изложение основного материала исследования. Основной идеей исследования является повышение производительности карьерного автотранспорта путем снижения в транспортном цикле непроизводительных потерь времени, связанных с холостым пробегом автосамосвалов, за счет использования наклонных подъемников для спуска порожних автосамосвалов в карьер [14; 15]. Очевидно, что достичь максимального экономического эффекта могут подъемные установки, оборудованные двумя подъемными платформами, попеременно используемыми для спуска автосамосвалов.

Известно, что при вертикальном подъеме с использованием барабанных машин или подъемных машин со шкивами трения движение подъемных сосудов осуществляется в двух взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях: в плоскости, в которой расположен головной шкив, и в плоскости, касательной к окружности шкива (точка схода со шкива подъемного каната). Линия пересечения этих плоскостей совпадает с осью подъемного каната. При вертикальном подъеме не возникает принципиальных сложностей с созданием условий для движения в стволе двух скипов. Скипы, используемые при вертикальном подъеме, конструктивно адаптированы к перемещению

внутри ограниченного сечения шахтного ствола (высота скипа больше его размеров в плане).

Данный принцип сохраняется и при наклонном подъеме – движение подъемного сосуда осуществляется вдоль линии пересечения двух взаимно перпендикулярных плоскостей, но одна из них (касательная к шкиву) расположена под углом к горизонту. В этом случае конструкторское решение по организации движения двух подъемных сосудов (скипов или платформ), связанных с одной или несколькими подъемными машинами, является более сложным, особенно при спуске самосвалов на платформе (длина карьерного самосвала, грузоподъемностью 130 тонн, около 12 м, ширина – 6 м, вес самосвала 105 тонн, вес подъемной платформы 50 тонн). В большинстве предлагаемых наклонных подъемников самосвалов это привело к установке на копрах или в здании подъемной машины системы отклоняющих шкивов, что делает такие подъемные установки сложными и ненадежными.

Огромный вклад в развитие теории карьерных наклонных подъемных установок внес *Б.А. Носырев*. В работе [4] определено 8 базовых схем карьерных наклонных подъемных установок, дана их оценка и установлена рациональная область применения. На рис. 1 приведены принципиальные схемы карьерных наклонных подъемных установок, в табл. 1 приведен анализ этих установок.

Полное отсутствие опыта эксплуатации наклонных подъемных установок с канатопроводящими шкивами трения в условиях открытых горных работ не позволяет оптимистически относиться к возможному повышению расчетного значения коэффициента трения μ , более того, к возможному снижению коэффициента трения за счет обмерзания каната и смачивания в периоды дождей и снеготаяния [4].

С целью определения основных технических характеристик установки для спуска в карьер порожних автосамосвалов (рис. 2) была выполнена конструкторская проработка для следующих горнотехнических условий: тип подъемной установки – одноконцевая; высота подъема $H_n = 400$ м; угол наклона подъемного пути $\alpha = 40^\circ$; длина подъема $L_n = 622,48$ м; тип подъемного сосуда – транспортная платформа; грузоподъемность платформы $Q_{пр} = 105000$ кгс; масса платформы $Q_{пл} = 50000$ кг; назначение наклонного подъема – грузоподъемной.

Максимальная статическая нагрузка наклонной подъемной установки – 155 тонн. В настоящее время подъемные шахтные машины, производи-

мые промышленностью, не обладают необходимой грузоподъемностью для выполнения поставленной задачи. Предлагается схема подъемной установки с двумя синхронизированными подъемными машинами и полиспастной системой подвески грузовой платформы, что позволит уменьшить концевую нагрузку в подъемных канатах.

Концевая нагрузка составит:

$$Q_0 = \frac{Q_{см}}{n \times i_n \times \eta_n} = \frac{155000}{2 \times 2 \times 0,99} = 39142 \text{ кгс,}$$

где $n = 2$ – количество подъемных канатов;

Подъемные машины по принципу действия разделяются на барабанные и со шкивами трения. Параметры крупных подъемных машин с диаметром барабанов от 4 до 6 м в советской горной промышленности были определены ГОСТом 18 115-72. Стандартизации подверглись основные параметры барабанов (диаметр и длина), передаточные отношения редукторов, величины максимального натяжения каната и разность статических натяжений канатов. Крупные подъемные машины предназначены только для установки на поверхности в закрытых помещениях. На рис. 3 приведены результаты статистической обработки параметров подъемных машин, предусмотренных ГОСТом 18 115-72. Определена зависимость максимального статического натяжения каната ($T_{ст}$, тс) и максимальной разности статических натяжений канатов ($F_{ст}$, тс) от массы подъемной машины без редуктора и электрооборудования (M , т). Анализ (рис. 3) показывает, что параметрическим рядом крупных подъемных машин предусмотрены машины с концевой нагрузкой и разностью статических натяжений 40 и более тонн.

В качестве подъемной машины рационально применить уже разработанную НКМЗ шахтную подъемную машину с одним цилиндрическим барабаном. По размерам органа навивки и концевым нагрузкам удовлетворяет подъемная шахтная машина 1-6x5,6/0,8, имеющая следующие параметры: диаметр барабана – 6 000 мм; ширина барабана – 5 600 мм; статическое натяжение каната – 560 кН; разность статического натяжения каната – 400 кН; маховый момент машины – 11 200 кНм².

Разработанная подъемная установка состоит из следующих частей:

- две однобарабанные подъемные машины типа 1-6x5,6/0,8;
- платформа для транспортировки самосвала;
- копер для размещения отклоняющих шкивов;
- два отклоняющих шкива ($\varnothing 5000$ мм);
- два наклонных рельсовых пути для перемещения платформы.

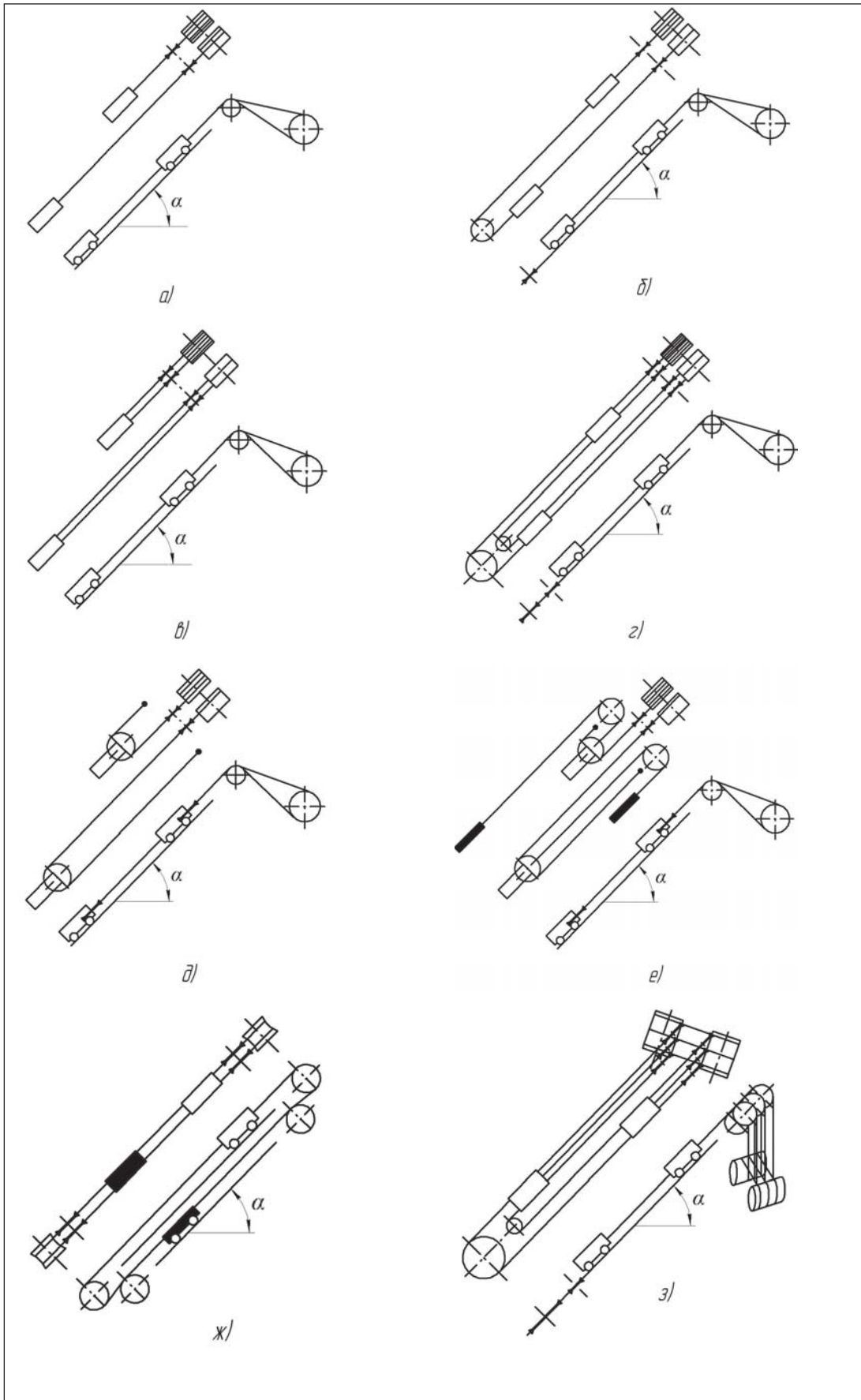


Рис. 1. Схемы подъемных установок [4]

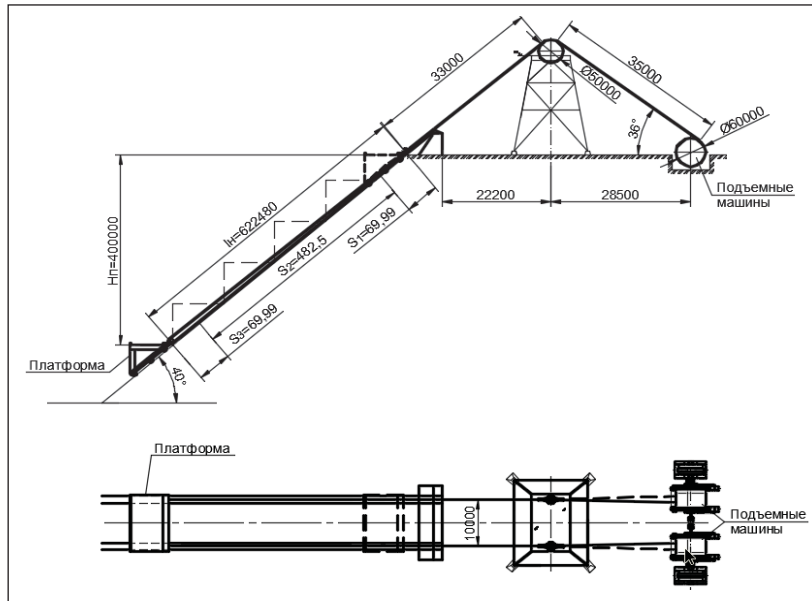
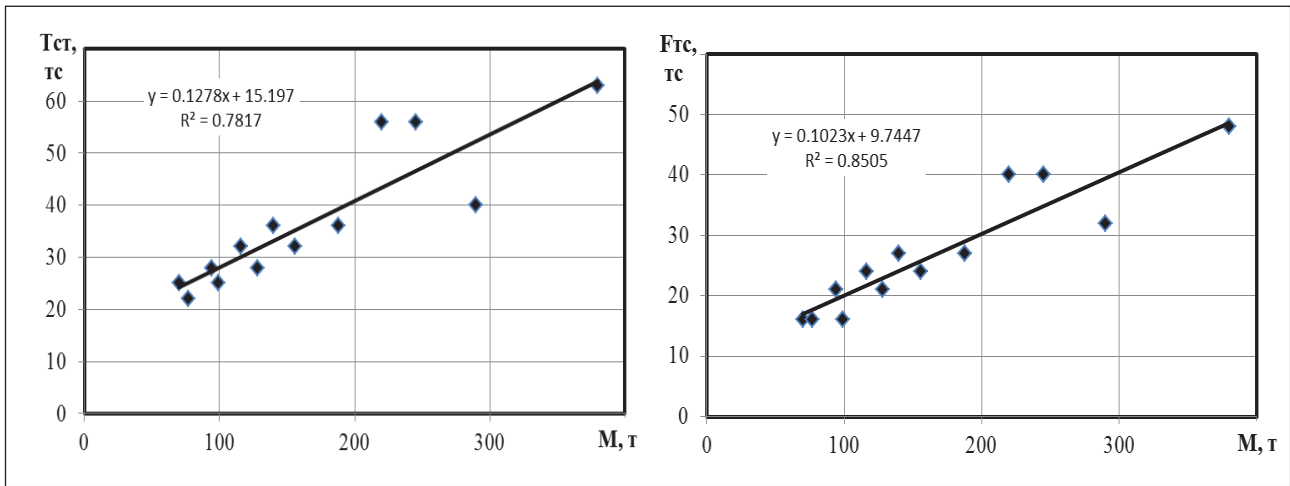


Рис. 2. Схема подъемной установки
 $i_n = 2$ – кратность полиспаста (число рабочих канатов);
 $\eta_n = 0,99$ – КПД блока полиспаста на подшипниках качения

Таблица 1

Анализ схем карьерных наклонных подъемных установок

Конструктивные особенности	Достоинства	Недостатки
Одноканатная подъемная установка с многослойной навивкой канатов на секции цилиндрический барабан (рис. 1а, 1б), drum hoist. Грузоподъемность до 40 тонн.	Простота и надежность устройства; возможность применения обработанных смазкой канатов.	Применение схемы ограничено тяговыми свойствами каната, статическим натяжением ветви и наибольшим статическим неуравновешенным окружным усилием. При большем неуравновешенном окружном усилии необходимо уравновесить систему подъема (рис. 1б).
Многослойная подъемная установка с многослойной навивкой канатов на секции цилиндрических барабанов (рис. 1в), Blair hoist. Грузоподъемность более 40 тонн, высота подъема более 400 м.	Простота и надежность устройства; возможность применения обработанных смазкой канатов; применение органа навивки меньшего диаметра, чем в случае канатоведущих шкивов трения; меньший расход канатов.	При подъеме груза с глубоких горизонтов улучшение энергетического эффекта может быть достигнуто за счет применения нижних уравновешивающих канатов (рис. 1г).
Подъемники с полиспастной подвеской сосудов (рис. 1д, 1е).	Устранено вредное явление неравномерного распределения усилия по ветвям каната; вследствие высокой скорости движения каната возможно применение безредукторных приводов. Применение блоковых (полиспастных) подъемников рационально для клетевых установок с небольшой скоростью подъема клетки (платформы).	Усложнение конструкции подъемного сосуда из-за размещения обводного шкива на раме сосуда, увеличение веса сосуда на 10–15 тонн; повышенный износ каната из-за удвоенной скорости его движения и дополнительного изгиба на обводном шкиве; применение канатов удвоенной длины.
Многослойная подъемная установка с канатоведущими шкивами трения (рис. 1ж, 1з), friction hoists (Koepe hoists). Грузоподъемность более 40 тонн, высота подъема более 400 м. Подъемная машина с одним ведущим шкивом трения не обеспечивает высокой тяговой способности и требует наличия уравновешивающих канатов. В машинах с несколькими ведущими шкивами трения угол обхвата приводных шкивов достигает 3π.	Возможность применения при большой длине каната; снижение инерционных масс органа навивки; повышение КПД подъемной установки; предотвращение опасности обрыва каната при сходе сосуда с рельсов (заклинивание) и переподъеме.	Ограниченность применения, обусловленная соотношениями напряжений канатов; увеличение износа и коррозии каната в связи с отсутствием защитной смазки; снижение коэффициента трения за счет обмерзания каната и смачивания в периоды дождей и снеготаяния; конструктивная сложность двухсосудных наклонных подъемных установок; нижние подвесные уравновешивающие канаты значительно усложняют конструкцию и снижают надежность комплекса подъема.



а) б)
Рис. 3. Зависимость максимального статического натяжения каната (а) и максимальной разности статических натяжений канатов (б) от массы подъемной машины.

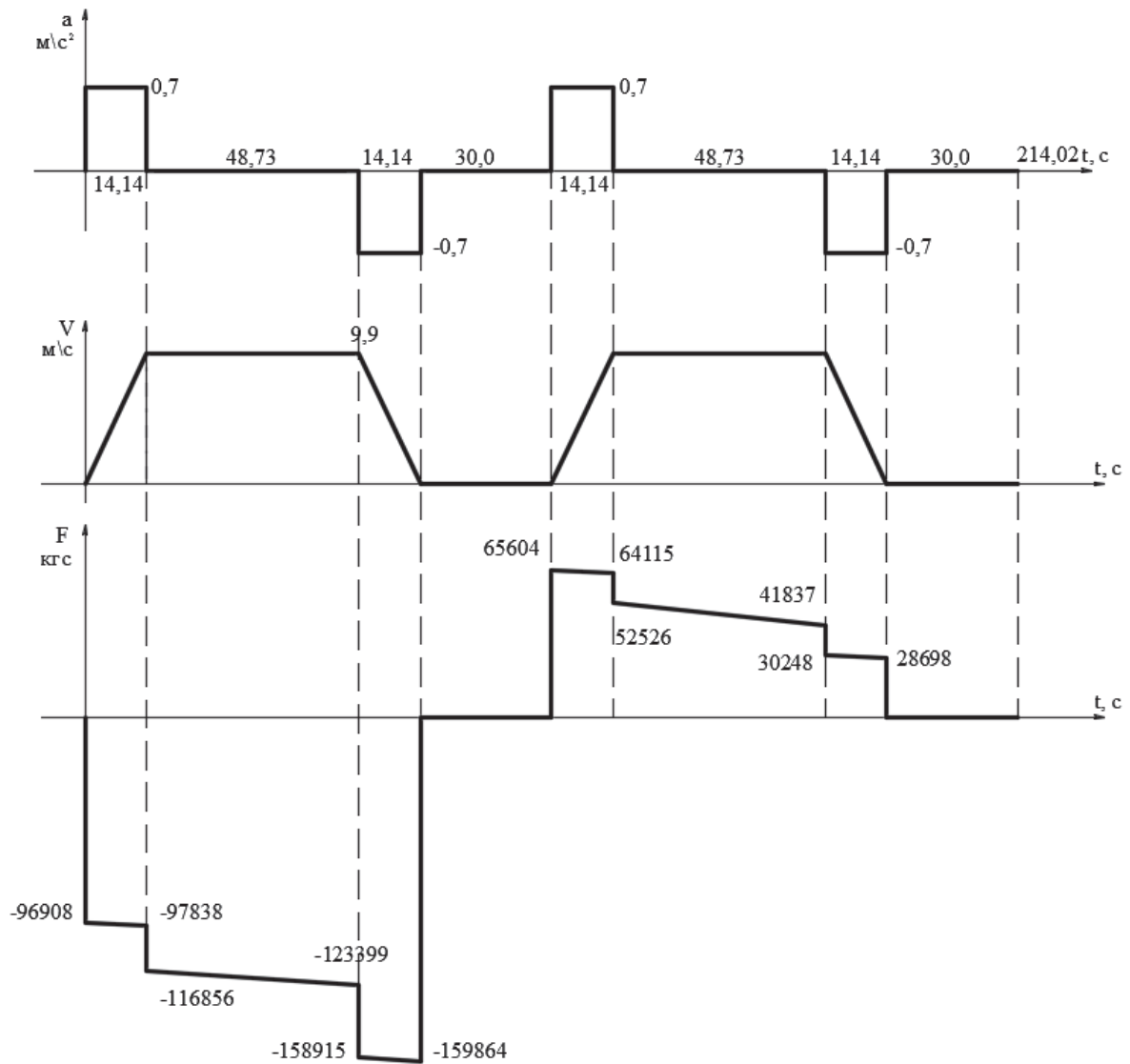


Рис. 4. Диаграммы ускорений, скоростей и усилий

Для уменьшения концевой нагрузки на подъемные канаты предусматривается применение двух подъемных машин с полиспастным закреплением подъемных канатов к раме платформы. Такая схема подъемной установки позволяет применение серийно выпускаемых промышленностью подъемных машин. Для равномерного распределения нагрузки работа подъемных машин должна быть синхронизирована по скорости и усилию натяжения канатов. Параметры подъемной установки определены расчетом: скорость подъема платформы – 9,9 м/с, время одного цикла – 214,2 с, затраты времени на въезд – выезд самосвала – 60 с, количество циклов в час – 12–15. На рис. 4 приведены диаграммы ускорений, скоростей и усилий.

При спуске грузовой платформы периоды 1÷3 (рис. 4) значения движущих усилий на окружностях навитки канатов подъемных машин имеют отрицательные значения, т. е. двигатели машин работают в режиме динамического торможения.

При подъеме платформы приводные двигатели работают в двигательном режиме, преодолевая статические сопротивления подъемной системы и обеспечивая при этом действительную линейную скорость при соответствующих значениях ускорений и замедлений, принятых в соответствии с требованиями норм проектирования.

Подъемная установка оснащается двумя электродвигателями П2-800-217-8СУХЛ4 с номинальной мощностью 3 150 кВт.

Эффективность технологии горных работ с использованием для спуска самосвалов в рабочую зону карьера разработанного устройства зависит от числа спусков в час. Производительность подъемной установки достаточна для обслуживания одного экскаватора с емкостью ковша 12–15 м³. При необходимости обеспечить рабочую зону карьера вдвое большим числом автосамосвалов необходимо построить в карьере два аналогичных одноконцевых подъемника или разработать

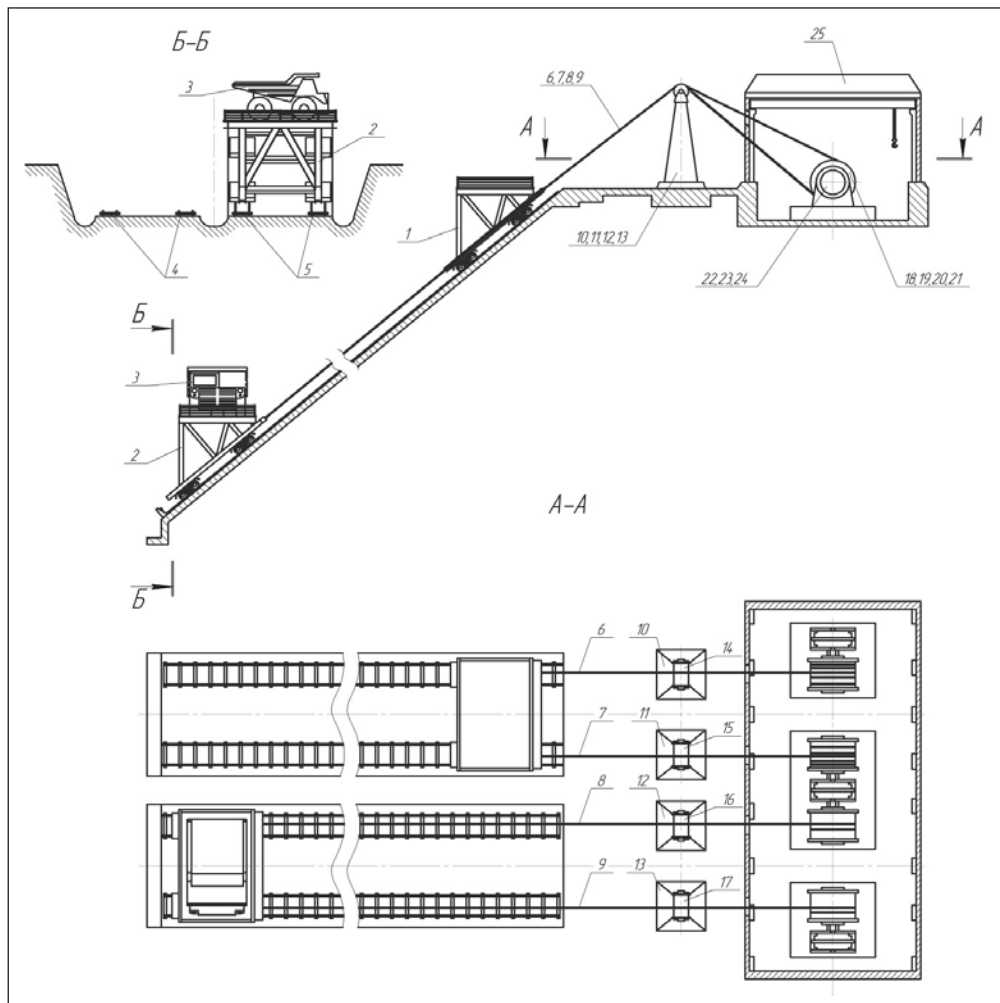


Рис. 5. Общий вид подъемной установки с односторонним расположением в плоскости борта карьера двух параллельных трасс подъемника

подъемную машину с двумя платформами. Главная идея, которую необходимо реализовать в подъемном устройстве с двумя платформами, – уравновесить подъемную систему и реализовать спуск самосвалов в карьер при работе двигателей в режиме рекуперации.

Схемы можно классифицировать по расположению трасс подъемников относительно

продольной подъемной машины и по положению трасс относительно друг друга. Сравнить достоинства и недостатки альтернативных схем подъемной установки с двумя платформами будем с двумя независимыми подъемными установками с одной платформой.

Анализ возможных кинематических схем позволил в качестве конкурентно способных

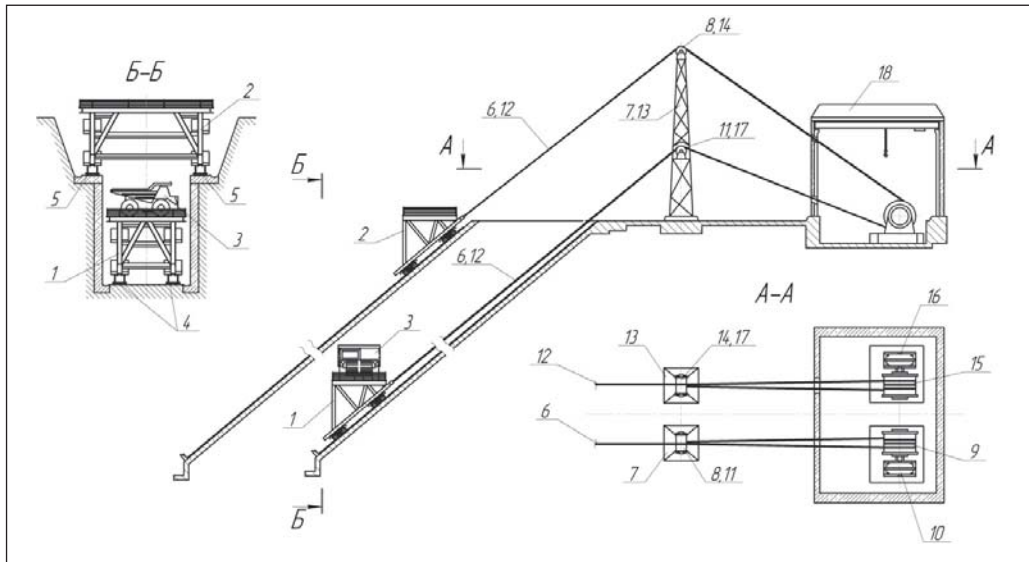


Рис. 6. Общий вид подъемной установки с односторонним расположением в вертикальной плоскости двух параллельных трасс подъемника

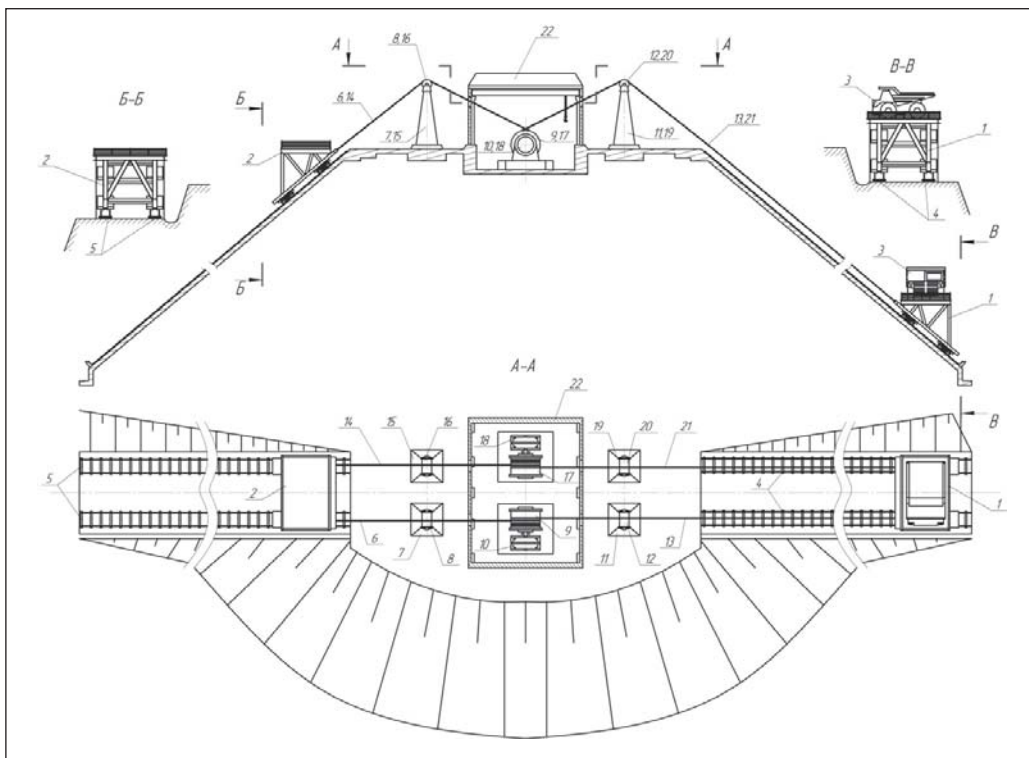


Рис. 7. Общий вид подъемной установки с разносторонним расположением в вертикальной плоскости двух трасс подъемник

назвать следующие решения. По положению относительно подъемной машины обе трассы могут быть расположены либо по одну сторону от нее (рис. 5, 6), либо на противоположные стороны от подъемной машины (рис. 7). При расположении трасс на противоположных сторонах от подъемной машины трассы располагаются в одной вертикальной плоскости, но не параллельно друг другу (рис. 7). Чтобы создать горнотехнические условия для такого расположения трасс, необходимо площадку для размещения подъемной машины расположить на целике, выступающем в плане из общего простирания борта карьера. При такой конструкции подъемной установки появляется возможность опускать самосвалы в карьер на два разных участка рабочей зоны карьера. Расстояние между внутрикарьерными площадками подъемной установки может достигать 600–800 м. При расположении трасс подъемной установки по одну сторону от подъемника они также располагаются в одной плоскости, в общем случае параллельно друг другу, но эта плоскость может быть либо параллельной плоскости борта карьера (рис. 5), либо вертикальной и проходить через копровые шкивы подъемной установки (рис. 6).

На рис. 6. приведен общий вид подъемной установки с односторонним расположением в вертикальной плоскости двух параллельных трасс подъемника (верхняя и нижняя трассы), где 1, 2 – платформы; 3 – автосамосвал; 4, 5 – железнодорожные наклонные пути; 6, 12 – подъемные канаты; 7, 13 – копры; 8, 14 – верхние копровые шкивы; 11, 1 – нижние копровые шкивы; 9, 15 – орган навивки каната; 10, 16 – электродвигатели; 18 – здание подъемной машины (отклоняющие шкивы на платформах и полиспастная система на рисунке не показаны). На рис. 7 приведен общий вид подъемной установки с разносторонним (относительно вертикальной плоскости, проходящей через продольную ось барабана) расположением в вертикальной плоскости двух трасс подъемника (условно применительно к рис. 7, левая и правая трассы), где 1 – платформа правой трассы; 2 – платформа левой трассы; 3 – автосамосвал; 4, 5 – железнодорожные наклонные пути; 6, 14, 13, 21 – подъемные канаты; 7, 15, 11, 19 – копры; 8, 16, 12, 20 – копровые шкивы; 9, 17 – органы навивки каната; 10, 18 – электродвигатели; 22 – здание подъемной машины (отклоняющие шкивы на платформах и полиспастная система на рисунке не показаны).

Схема, приведенная на рис. 5, отличается от двух независимых, рядом расположенных подь-

емников с одной платформой тем, что смежные однобарабанные подъемные машины заменены одной двухбарабанной машиной. Двухбарабанная машина обслуживает обе трассы, и все время работает в режиме рекуперации, однобарабанные подъемные машины – попеременно. В данном случае подъемная установка оснащается тремя подъемными машинами. Одним из основных недостатков этой схемы является то, что нет возможности организовать сквозное движение самосвалов, то есть при заезде на платформу или при съезде с нее самосвал движется задним ходом.

Схема на рис. 6 отличается от схемы на рис. 5 тем, что подъемные машины статически более уравновешенны, на цилиндрические барабаны навито по два каната: когда один канат свивается, на его место навивается другой канат. Две подъемные установки обслуживают подъем – спуск двух платформ, и все время работают в режиме рекуперации. Расположение трасс подъемников в сечении одной траншеи ступенчатой формы позволяет организовать заезд – съезд самосвалов без дополнительных маневров. Недостатком схемы является необходимость строительства специальной траншеи с расположением железнодорожных путей в двух уровнях. Верхняя платформа конструктивно более сложная, чем нижняя.

Схема, приведенная на рис. 7, в части организации работы подъемных машин в целом аналогична схеме на рис. 6, но в данном случае две трассы подъемной установки расположены в диаметрально противоположных направлениях. Эта конструкция характеризуется более безопасной организацией движения самосвалов на верхней погрузочной площадке и обеспечивает съезд самосвалов с платформы в нижнем положении без дополнительных маневров. Данная схема характеризуется большим объемом горно-капитальных работ для создания площадок под здание подъемной машины и трассы подъемника и может быть применена на карьерах большой протяженности.

Выводы. В статье приведены результаты исследований по разработке и обоснованию рациональных конструкций карьерных наклонных подъемников для спуска в карьер порожних автосамосвалов, использование которых позволит сократить холостые пробеги автотранспорта. Снижение доли холостых пробегов в транспортном цикле автосамосвалов является одним из перспективных путей поддержания и повышения производительности карьерного транспорта.

Выполнен анализ основных схем карьерных наклонных подъемных установок в качестве

подъемных машин, в которых используются барабанные машины и машины со шкивами трения. Конструктивная сложность наклонных подъемных установок с канатоведущими шкивами трения, незащищенность канатов от воздействия атмосферных осадков (смачивание и обмерзание), повышенный износ канатов за счет трения об поддерживающие ролики и о шкивы подъемной установки обуславливают низкую надежность такой подъемной установки. Вышеназванных недостатков лишены подъемные машины с цилиндрическим барабаном. Вопрос обеспечения необходимой тяговой способности подъемной установки предлагается решать за счет использования в ее конструкции нескольких барабанных подъемных машин.

Приведены результаты конструкторской разработки подъемной установки для спуска в карьер порожних автосамосвалов грузоподъемностью 130 тонн. Рассмотрена схема подъемной установки с двумя синхронизированными подъемными барабанными машинами и полиспастной системой подвески одной грузовой платформы, что позволяет уменьшить концевую нагрузку в подъемных канатах. Разработанная подъем-

ная установка состоит из следующих основных частей: две однобарабанные подъемные машины типа 1-6x5,6/0,8 (производство НКМЗ); платформа для транспортировки самосвала; копер для размещения отклоняющих шкивов; два отклоняющих шкива; два наклонных рельсовых пути для перемещения платформы. При спуске автосамосвалов подъемные машины работают в генераторном режиме, что создает условия для рекуперации электрической энергии.

Эффективность технологии горных работ с использованием для спуска самосвалов в рабочую зону карьера разработанного устройства зависит от числа циклов в час. При необходимости обеспечить рабочую зону карьера большим числом автосамосвалов необходимо построить в карьере два аналогичных подъемника или разработать подъемную машину с двумя платформами. В статье предложены новые технические решения для подъемных машин с двумя платформами, которые попеременно используются для спуска в карьер порожних автосамосвалов. Разработанная технология создает условия, необходимые для повышения эксплуатационной производительности карьерных автосамосвалов.

Список литературы:

1. Новожилов М.Г., Селянин В.Г., Троп А.Е. Глубокие карьеры. М.: Госгортехиздат, 1962. 256 с.
2. Шиллинг Р., Адамс Б. Наклонные скиповые подъемники. Научн. тр. американского института горных инженеров, инженеров-металлургов и нефтяников. М.: Недра, 1971. С. 151–155.
3. Кульбида П.Б., Ройзен В.В., Сербин В.И. и др. Большегрузные скиповые подъемники для отработки глубоких карьеров. Горный журнал. 1981. № 7. С. 48–50.
4. Носырев Б.А. Схемы карьерных наклонных подъемных установок, их оценка и области применения. Труды Свердловского горного института. 1972. Вып. 97. С. 3–6.
5. Васильев М.В. Устройство, опыт эксплуатации и перспективы карьерного скипового подъема. Тр. ИГД МЧМ СССР. 1975. Вып. 46. С. 37–52.
6. Садыков Е.Л. Повышение эффективности многоканатных наклонных подъемных установок: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06. Екатеринбург, 2011. 159 с.
7. Дремин А.И., Перепелицын А.И., Крутиков Н.Н. и др. Подъемник для доставки груженых автосамосвалов со дна карьера на поверхность. Горный журнал. 1993. № 7. С. 49–51.
8. Бондарев С.В., Горбатенко Ю.П. Застосування підйомачів для переміщення автомобілів по крутих схилах. Будівництво України. 2011. № 1. С. 26–28.
9. Листопад Г.Г. Наклонные подъемники карьерного автотранспорта. Горная промышленность. 2001. № 2. С. 57–58.
10. Build Unique Truck Skip Hoist in Belgian Congo. Mining World. 1959. № 6. P. 28.
11. Белобров В.И., Белоброва Е.А. Многоканатные наклонные подъемные установки для карьеров и шахт. Наук.-техн. зб. «Гірнична електромеханіка та автоматика». 2002. № 69. С. 155–159.
12. Белобров В.И., Белоброва Е.А. Обоснование режимов работы и определение расчетной производительности многоканатных карьерных подъемников. Науковий вісник НГУ. 2003. № 1. С. 57–59.
13. Trucklift System. Innovative transport technology for open pit mines. URL: http://www.siemag-tecberg.com/infocentre/technical-information/ti_27-trucklift.html.
14. Спосіб розкриття крутоспадних родовищ при відкритій розробці корисних копалин: пат. 111388 Україна: МПК (2016.01) E21C 41/26 (2006.01) E21C 47/00. № u201604545; заявл. 25 квітня 2016 р. опубл. 10 листопада 2016 р., Бюл. № 21. 5 с.
15. Слободянюк Р.В., Пижик М.М. Вдосконалення технології гірничих робіт з кільцевою схемою руху кар'єрних автосамоскидів. Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. Житомир: ЖДТУ, 2016. № 1 (76). С. 151–157.

АНАЛІЗ І РОЗРОБКА СХЕМ КАР'ЄРНИХ ПОХИЛИХ ПІДЙОМНИХ УСТАНОВОК

У статті виконано аналіз основних схем кар'єрних похилих підйомних установок. Для зниження в транспортному циклі автосамоскидів втрат часу, пов'язаних із холостим пробігом, запропоновано використовувати кар'єрні похилі установки для спуску в кар'єр порожніх автосамоскидів. Обґрунтовано, що в якості підйомних машин у кар'єрних установках раціонально використовувати машини з циліндричним барабаном. Виконано конструкторське опрацювання та визначено параметри підйомної машини з поліспаотною підвіскою однієї платформи для спуску автосамоскидів. Запропоновано нові технічні рішення для підйомних машин із двома платформами, які поперемінно використовуються для спуску в кар'єр порожніх автосамоскидів.

Ключові слова: кар'єрна похила підйомна установка, холостий пробіг автосамоскидів, барабанна підйомна машина, поліспаотна підвіска підйомних посудин, ресурсозберігаюча технологія.

ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF SLOPE HOISTING SYSTEMS FOR OPEN PIT MINES

The article analyzes the basic diagrams of slope hoisting systems. In order to reduce the time losses associated with idle mileage in the transport cycle, it is proposed to use the slope hoisting plants only for hauling down the empty trucks. It is justified that the use of machines with a cylindrical drum as a hoister at the open pits is rational. The article presents the results of the design study and determination of parameters of a hoister with a reeving system of one platform for hauling down the trucks. The article proposes the new technical solutions for hoisters with two platforms, which are alternately used for hauling down the empty trucks.

Key words: slope hoisting plant, idle mileage of dump trucks, drum hoister, reeving system of vehicles, resource-saving technology.