

# Повышение надежности безопасной эксплуатации грузоподъемных устройств в шахте

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-12-15-20>

В статье рассматриваются гидроподъемники в шахте на подвесном монорельсовом транспорте во взаимодействии с тяговым устройством-дизелевозом и монорельсовой балкой, их работа, включая законы механики для подъемного устройства, сооружения (грузоподъемных машин (устройств)). Гидроподъемники в шахте не должны являться грузовой тележкой, транспортным средством как на автомобильном транспорте, так как груз находится под монорельсовыми каретками и гидроподъемниками.

Доказывается, что в действующей схеме подъема и перемещения груза гидроподъемниками на подвесном монорельсовом транспорте в шахтах не верно выбранно расположение центра тяжести груза относительно грузоподъемной силы, что не влияет положительно на поступательное динамическое плоскопараллельное движение качения, построение плана мгновенного центра скорости на движение качения, где происходит движение волочения плюс плужение, происходят пробуксовка рабочих колес, вулканов, обретение тяговой установкой угловой скорости до линии центра тяжести груза, присутствие процесса вспахивания основной плоскости, нерациональные эксплуатационные затраты. В предлагаемом инновационном способе наличие мгновенных центров скоростей и положительное влияние центра тяжести груза и его модулей при предлагаемом способе обвязки, строповки, подъема и перемещении груза более эффективны и безопасны для ведения работ.

**Ключевые слова:** гидроподъемник, строповка, подъем и перемещение груза, мгновенный центр скорости.

**Для цитирования:** Тарасов В.М., Фомин А.И. Повышение надежности безопасной эксплуатации грузоподъемных устройств в шахте // Уголь. 2021. № 12. С. 15-20. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-12-15-20.

## ВВЕДЕНИЕ

При транспортировке людей и грузов подвесным монорельсовым транспортом в шахтах продолжают происходить аварии, травмы различной степени тяжести в результате падения дизель-гидравлического локомотива на почву горной выработки, динамические удары, вредные выбросы в рудничную атмосферу выхлопных газов значительно выше нормативов, так как дизель-гидравлический локомотив (дизель) работает с перегрузкой двигателя, быстро снашивается поршневая группа, значительные затраты на ремонтные работы, простои из-за частых поломок оборудования.



**ТАРАСОВ В.М.**

Генеральный директор  
ООО «Ривальс Современные  
инновационные технологии»,  
650023, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: rivalisit@yandex.ru



**ФОМИН А.И.**

Доктор техн. наук, профессор  
ведущий научный сотрудник  
АО «НЦ ВостННИИ»,  
650002, г. Кемерово, Россия  
e-mail: fomin-ai@kuzbasscot.ru

Исследованием установлено, что причина деформирования рамы крепления гидромотора состоит в следующем: груз подвешен на два гидроподъемника без учета центра тяжести и расположения грузоподъемной силы гидроподъемников. Центр тяжести располагается между двумя гидроподъемниками, а массу груза распределяют равномерно на четыре, а иногда и на восемь монорельсовых кареток гидроподъемников. Угол между тяговыми цепями гидроподъемника и траверсами составляет 180° и более (рис. 1), что категорически запрещено Правилами стропального дела. Критическим считается угол 120°. При организации технологических работ грузоподъемного устройства (гидроподъемников) на подвесном монорельсовом транспорте в шахте положения Правил стропального дела не учитываются вообще (см. рис. 1).

Рассматривая движение качения в шахте, можно констатировать тот факт, что мгновенный центр скорости (МЦС) отсутствует. При плоскопараллельном движении качения обязательным условием является следующее: груз и центр груза находятся на днище платформы тележки сверху, на верхней параллельной плоскости, которая в свою очередь расположена параллельно основной плоскости. Например, это верхняя плоскость дороги, верхние плоскости

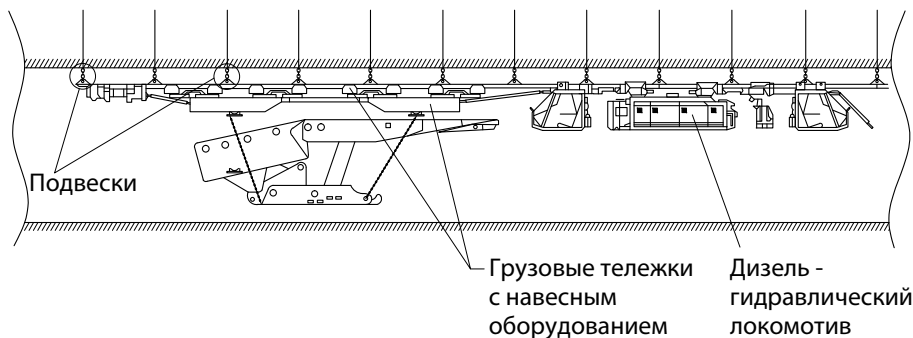


Рис. 1. Действующая схема (способ) подвески груза грузоподъемным устройством (гидроподъемниками)

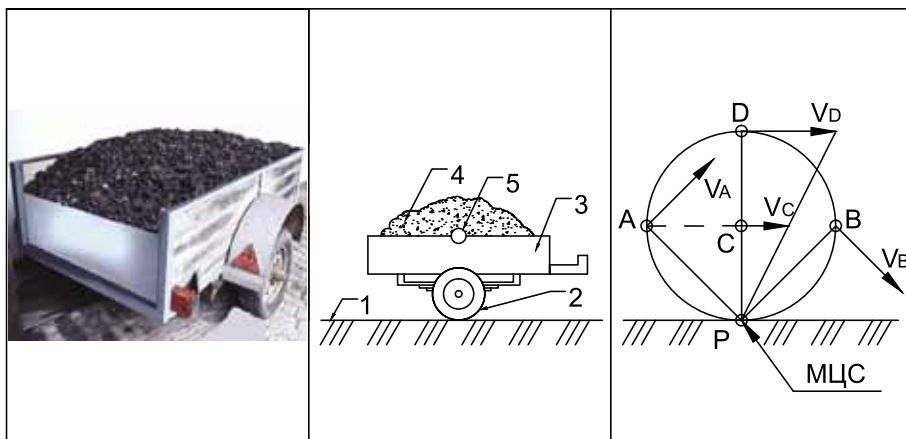


Рис. 2. Прицеп, груженный углем: 1 – дорога; 2 – колеса; 3 – прицеп; 4 – груз; 5 – центр тяжести груза; план построения МЦС способом 1

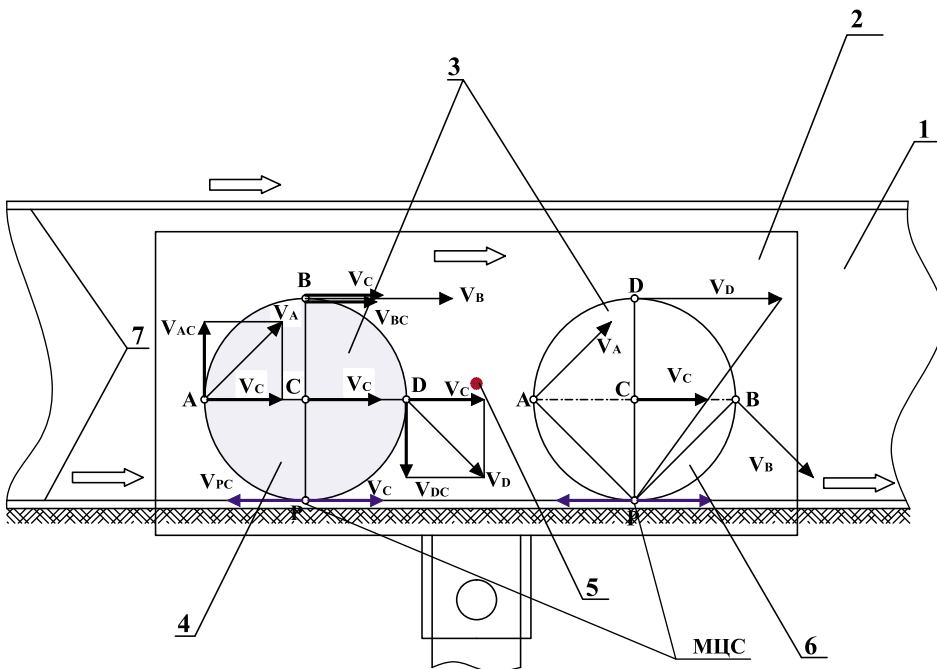


Рис. 3. Схема монорельсовой каретки на подвесном монорельсовом транспорте без груза: 1 – монорельсовая балка; 2 – монорельсовая каретка; 3 – роlikоопоры; 4 – способ 2 нахождения МЦС на левой роlikоопоре; 5 – центр тяжести монорельсовой каретки; 6 – способ 1 нахождения МЦС на правой роlikоопоре

головок рельсов или внутренние нижние полки двутавровой монорельсовой балки.

Платформы тележки кузова опираются на оси, а оси – на ступицы, ступицы – на колеса. Происходит движение качения во взаимодействии с наружным диаметром колеса и основной плоскопараллельной поверхностью – дорогой. Плоскопараллельное движение качения – это обязательное условие наличия МЦС в точке P контакта с дорогой, что характеризует само качение [1]. Составим план МЦС (рис. 2).

Рассмотрим плоскопараллельное движение качения роlikоопор, отдельно взятой каретки на подвесном монорельсовом транспорте без груза (рис. 3).

Из рис. 3 следует, что в точке P происходит качение роlikоопор, которое характеризуется наличием МЦС в этой точке по монорельсовой балке с плоскопараллельным движением каретки.

На практике встречается еще такое движение, как плоскопараллельное движение волочение плюс плужение. Рассмотрим основной вопрос по перемещению груза с

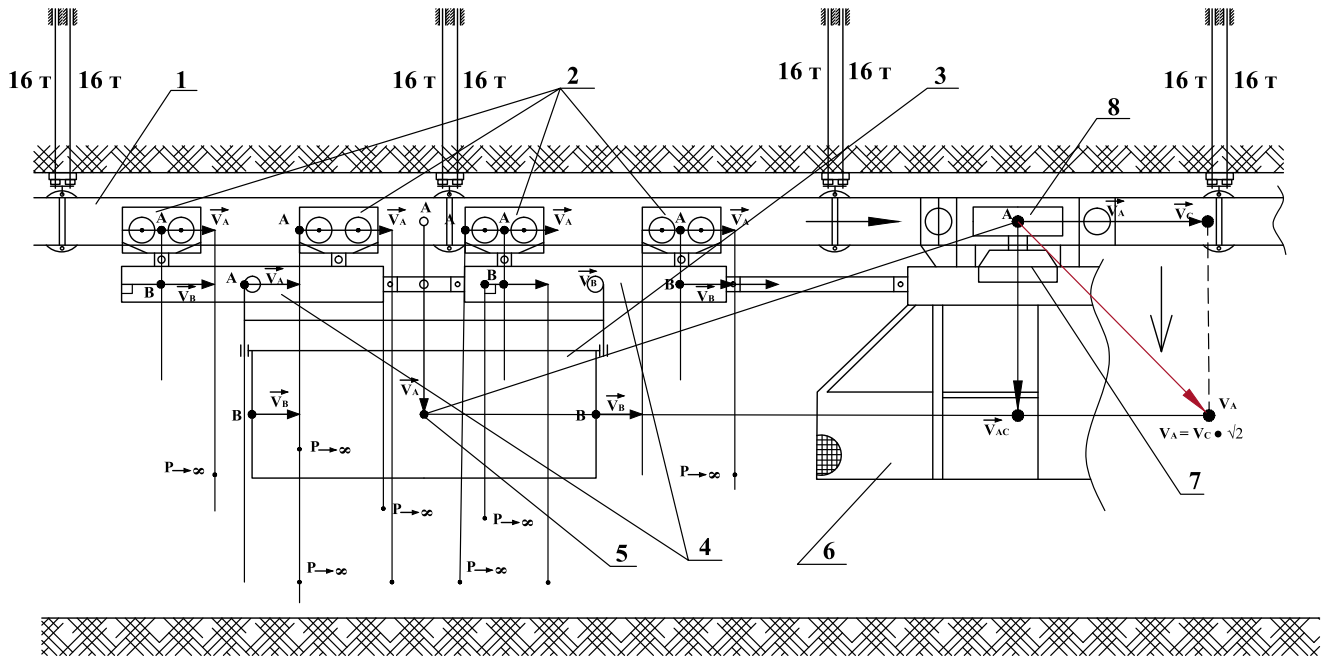


Рис. 4. План определения мгновенного центра скоростей, где МЦС отсутствует, тяговые силы стремятся попасть на линию центра тяжести перевозимого груза: 1 – трасса подвесной монорельсовой балки; 2 – монорельсовые каретки; 3 – груз; 4 – гидроподъемники; 5 – центр тяжести груза; 6 – дизелевоз; 7 – гидродвигатель; 8 – рабочее колесо, вулкан

помощью гидроподъемников и дизелевоза на подвесном монорельсовом транспорте в шахте (рис. 4).

В действующей конструкции гидроподъемников центр тяжести ниже самой монорельсовой балки и ее основных плоскостей. Тяговая сила дизелевоза находится в вертикальной плоскости к основным плоскостям монорельсовой балки. Равнодействующий перпендикулярный вектор  $V_A$  от точки  $A$  соприкосновения силы тяги  $E$  и монорельсовой балки действует вдоль балки по направлению движения вектора скорости  $V$  с откладыванием вектора  $V_A$  до линии поступательного движения центра тяжести груза, который находится под монорельсовой дорогой.

Параллельно вектору  $AB$ , который откладывается от точки соприкосновения роlikоопор монорельсовых кареток и внутренней поверхности нижней полки двутавровой монорельсовой балки, не происходит качение, а происходит движение волочения, что видно на плане определения МЦС (см. рис. 4), лежащей в точке  $P$ , стремящейся к бесконечности, что доказывает отсутствие качения.

Если скорости точек  $A$  и  $B$  плоской фигуры параллельны друг другу и перпендикулярны  $AB$ , то  $AV \cdot BV = V$ , а МЦС в точке  $P$  лежит в бесконечности, так как перпендикуляры к  $AV$  и  $BV$ , проведенные из этих точек, не пересекаются (см. рис. 4). Угловая скорость тела в этот момент времени равна нулю. Такое движение называется мгновенно поступательным, и скорости всех точек фигуры в данный момент времени равны друг другу по модулю и по направлению, но в нашем случае оно не будет являться плоскопараллельным.

На равнодействующих перпендикулярных векторах  $V_A$  и  $V_C$  скорость плужения в точке  $A$  является диагональю квадрата, построенного на взаимно перпендикулярных векторах  $AV_C$  и  $AV_A$ , модули которых равны, следовательно,

$V_{AC} = V_C \sqrt{2}$  – это вектор плужения, а разница между векторами  $V_{AC}$  и  $V_C$  – потеря скорости, соответственно, потеря мощности тяговой силовой установки [1].

Проведенными расчетами установлено, что при подъеме груза на наклонной горной выработке теряется до 55% мощности двигателя на плужение и волочение. В схеме работы (см. рис. 4) присутствует поступательное прямолинейное движение – происходит волочение четырех монорельсовых кареток, в которых на роlikоопорах отсутствует вращение, и двух гидроподъемников, между которыми снизу подвешен груз (не поднят и зафиксирован в пространстве, а подвешен) в двух точках – это на соединительных пальцах, коромыслах и рабочих траверсах, а траверсы стали одним целым с грузом. Так сегодня подвешивают груз в шахтах.

И к ним прикладывается тяговая сила дизелевоза, которая приложена в точках соприкосновения рабочих колес (вулканов) гидродвигателей далеко впереди от груза. При этом груз находится внизу, под дорогой, и МЦС в точке  $P$  отсутствует [1].

Таким образом, при волочении присутствует и плужение, где дизелевоз стремится попасть на одну линию нахождения центра тяжести груза, так, как будто бы груз волочили по почве с помощью любой тяговой установки, где центр тяжести груза и силы тяговой установки находятся на одной линии в одной плоскости [1]. Или плуг с тяговой установкой в одной плоскости, а сам лемех – внизу под этой плоскостью.

Под действием этих сил происходят изгиб балки (рис. 5), отрыв анкерной системы подвеса монорельсовой дороги, поломки стрелочных переводов, колоссальный износ роlikоопор, приводных колес (вулканов), создается аварийная ситуация, увеличивается риск травмирования работников.

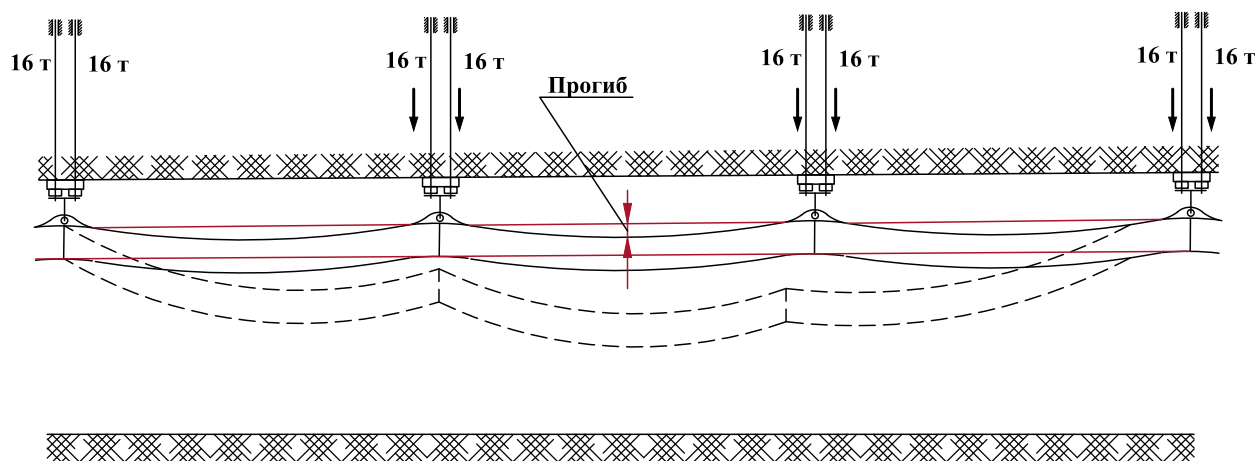


Рис. 5. Отрыв анкерной крепи подвески монорельсовой балки, прогиб, деформация монорельсовой балки, аварийное положение

### ИННОВАЦИОННЫЙ СПОСОБ СТРОПОВКИ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ

Учитывая это, предлагается новый инновационный способ строповки и перемещения грузов [2, 3, 4], где гидроподъемники являются грузоподъемным и несущим органом, а дизелевоз – это тяговая установка и только.

Рассмотрим предлагаемый способ перевозки груза на подвесном монорельсовом транспорте с учетом положения центра тяжести груза, а также наличия МЦС и плоскопараллельного движения твердого тела. Предлагаемый способ строповки груза в горных выработках на подвесном монорельсовом транспорте предполагает наличие одного гидроподъемника – одной единицы перевозимого груза или двух гидроподъемников и двух единиц перевозимого груза.

Построим план МЦС в точках *P* и направления мгновенно поступательного плоскопараллельного движения и рассмотрим воздействие тяговой установки дизелевоза на всю гидроподъемную перемещающую систему, включая сам груз и его центр тяжести (рис. б).

В предлагаемом способе грузоподъемную силу располагают над центром тяжести груза, стропуют в четырех местах с помощью уравнительных блочков и четырьмя спаренными ветвевыми стропами. Груз поднимают одновременно. Как только груз оторвался от почвы, вся силовая составляющая сконцентрируется в одной точке. При осуществлении подъема на поверхности от этой точки располагали бы четыре стропа одинаковой длины в виде пирамиды и в эту точку приложили бы подъемную силу подъемного крана, расположенную над центром тяжести, но в шахте невозможно пользоваться подъемным краном.

Благодаря модернизации способа строповки груза гидроподъемников с навесным оборудованием по технологии патента [2] осуществляются подъем и перемещение груза в стесненных условиях горной выработки. Переход на высокие критерии надежности системы безопасности и повышения производительности труда позволяет:

- снизить уровень аварийности и травматизма при доставке людей и транспортировке грузов подвесным монорельсовым транспортом в шахтах;

- за счет снижения нагрузки в три раза на монорельсовую балку избежать прогибов монорельсовой балки, отрыва анкеров, анкерного крепления, разрушения крепления горной выработки и негативных последствий динамических ударов;

- исключить интенсивный износ роликоопор, разгрузив в три раза монорельсовые каретки каждого гидроподъемника (монорельсовые грузовые каретки гидроподъемников – основное оборудование подъемного сооружения);

- использовать гидроподъемники как грузоподъемное гидравлическое устройство, грузоподъемное устройство, а не как транспортную тележку. Гидроподъемники при использовании и эксплуатации способа строповки и перемещения груза в горных выработках по патенту [2] с учетом центра тяжести груза и одномоментного подъема грузов дают возможность:

- в 12 раз снизить нагрузку на все механизмы и устройства самих гидроподъемников, строп, траверс, коромысел, крюков;

- увеличить в три раза грузоподъемность и в два раза грузопоток;

- избавиться от вектора плужения;

- обеспечить увеличение мощности дизель-гидравлического локомотива на 41,4% на горизонтальных выработках по прямолинейному движению горной выработки и на 55,2% при подъеме по горной выработке на 15 град.; избежать перегрузок, перегрева и колоссального износа поршневой группы двигателя, динамических ударов, повышенного износа приводных колес (вулколанов), всей гидросистемы дизель-гидравлических локомотивов; увеличить эффективность работы монорельсовой балки (дороги) с грузоподъемными устройствами (гидроподъемниками). Дизель-гидравлический локомотив – тяговый орган, такой же, как лебедка подъемного сооружения;

- произвести плавный поворот по радиусу изгиба монорельса в двух точках монорельсовых кареток, что в результате исключит технические поломки стрелочных переводов;

- экономить средства и время. Годовой экономический эффект на один дизель-гидравлический локомотив и два гидроподъемника по эксплуатационным затратам без учета стоимости монтажа/демонтажа комплексов меха-

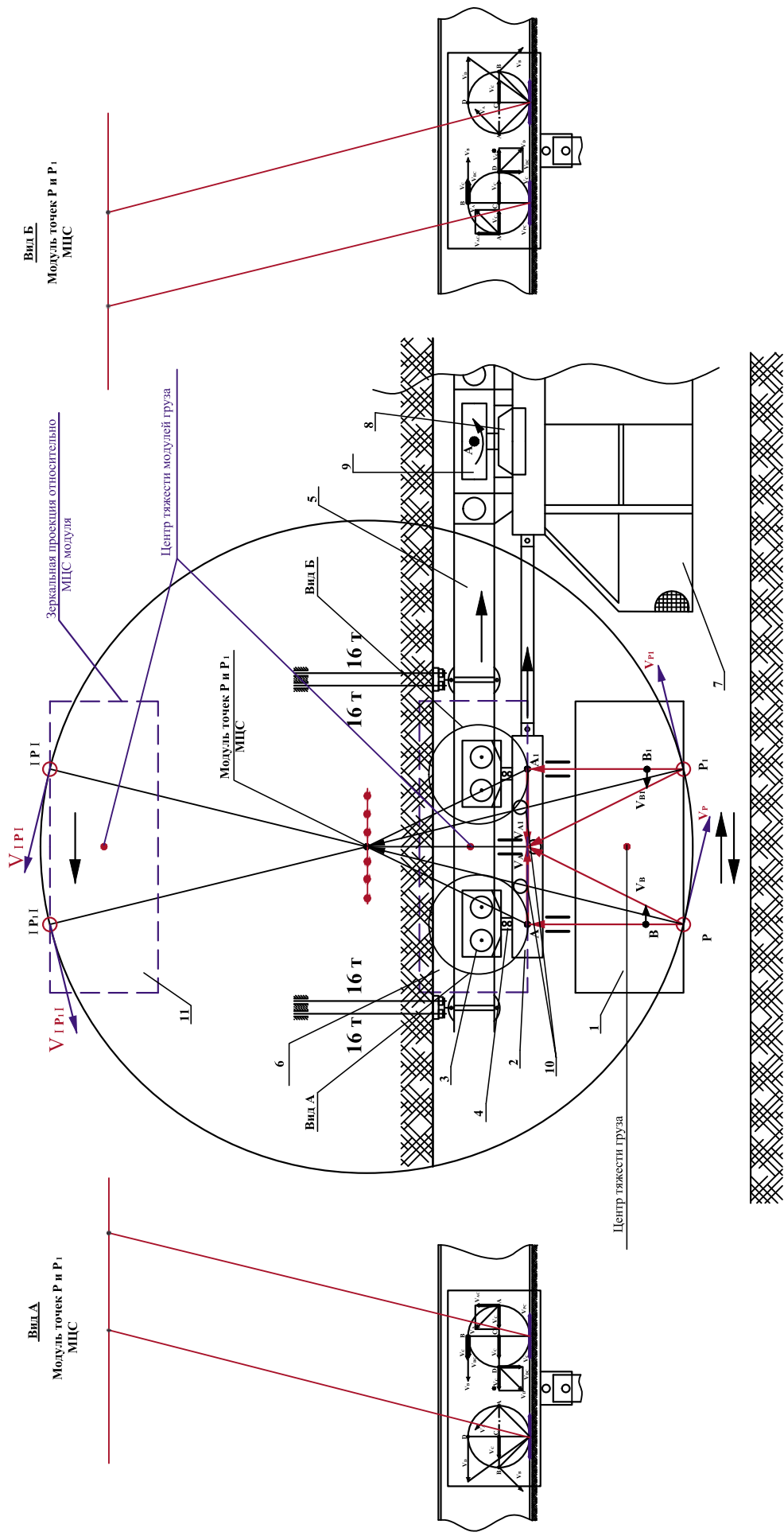


Рис. 6. Определение плана МЦС предлагаемого инновационного способа перевозки груза на подвесном монорельсовом транспорте в шахте, в роликкоопорах качение присутствует, МЦС схемы существует, где 1 – груз; 2 – гидроподъемник; 3 – монорельсовая каретка с роликкоопорами; 4 – сваренный шарнир; 5 – монорельсовая балка; 6 – модуль груза; 7 – дизелевоз; 8 – гидродвигатель; 9 – рабочее колесо, вулкolan; 10 – уравнивательные бочки на вспомогательных и рабочей траверсах; 11 – модуль груза; вид А – левая монорельсовая каретка; вид Б – правая монорельсовая каретка

низированной крепи и забойного оборудования и стоимости дизель-гидравлического локомотива составит 19 млн 660 тыс. руб. (эксплуатационные затраты, материальные ресурсы, ГСМ, затраты на СИЗ). Для Кузбасских шахт в год 5,5 млрд руб. – экономия по запчастям, ГСМ. Прибавьте к этому экономию финансовых средств при отсутствии остановок производственных работ, убытков от аварий, травм, простоев, стоимости дизелей, которые приходится закупать гораздо чаще из-за нерационального использования, стоимости монорельсовой балки, которую чаще необходимо ремонтировать, усиливать, а также сумм штрафов, выписываемых контрольно-надзорными органами и другое.

Предлагаемый способ не требует дополнительных конструктивных изменений внутренней конструкции гидравлических подъемников (гидроподъемников, грузоподъемных устройств), дизель-гидравлических локомотивов и монорельсовой балки.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, необходимо кардинально менять организационно-технологическую систему по подъему и перевозке груза в горных выработках на подвесном монорельсовом транспорте, исходя из уменьшения сопротивления при транспортировке груза, используя законы

физики, теоретической механики, стропольного дела, законов качения и плоскопараллельного движения, инновационные технологии.

### Список литературы

1. Клебанов Я.М., Черняховская Л.Б., Шабанов Л.А. Плоскопараллельное движение твердого тела. Самара: СамГТУ, 2008. С. 1-10.

2. Пат. 2333880 РФ. МПК В66С 1/12 (2006.01). Способ строповки грузов в горной выработке / В.М. Тарасов, А.В. Тарасова, Д.В. Тарасов. Патентообладатель Тарасов В.М. № 2007130250/11; заявл. 07.08.2007; опубл. 20.09.2008. Бюл. № 26. 10 с.

3. Пат. 2480396 РФ. МПК В66С 1/12 (2006.01). Монтажно-демонтажный способ строповки и транспортировки лавного конвейера в горной выработке / В.М. Тарасов, А.В. Тарасова, Д.В. Тарасов, Н.И. Тарасова. Патентообладатели Тарасов В.М., Общество с ограниченной ответственностью «Ривальс Современные Инновационные Технологии» (ООО «РивальсСИТ»). № 2011148728/11; заявл. 29.11.2011; опубл. 27.04.2013. Бюл. № 12. 10 с.

4. Модернизация гидроподъемников на подвесном монорельсовом транспорте / Г.Д. Буялич, В.М. Тарасов, Н.И. Тарасова и др. // Биржа интеллектуальной собственности. 2015. № 5. С. 57-64.

Original Paper

UDC 621.86:622.625.6 © V.M. Tarasov, A.I. Fomin, 2021  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 12, pp. 15-20  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-12-15-20>

**Title**  
**ENHANCING THE OPERATIONAL SAFETY OF MINE HOISTING EQUIPMENT**

**Author**  
Tarasov V.M.<sup>1</sup>, Fomin A.I.<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Rivals Modern Innovative Technologies LLC, Kemerovo, 650023, Russian Federation  
<sup>2</sup> VostNII Research Center JSC, Kemerovo, 650023, Russian Federation

**Authors Information**  
**Tarasov V.M.**, Director General, e-mail: [rivalsit@yandex.ru](mailto:rivalsit@yandex.ru)  
**Fomin A.I.**, Doctor of Engineering Sciences, Leading Research Associate

**Abstract**  
The article reviews mine hydraulic hoists on suspended monorail in interaction with the diesel locomotive as the traction device and a monorail beam, their operation, including the laws of mechanics for the hoists, the structure (hoisting machines (devices)). The hydraulic hoists in the mine must not be used as a load carriage or a vehicle as in road transportation because the load is located under the monorail carriages and hydraulic hoists. It is proved that in the existing design of load hoisting and hauling using hydraulic hoists on suspended monorail in mines there is no load centre of gravity, which has no positive effect on the progressive dynamic plane-parallel rolling motion, plotting the instantaneous centre of speed for the rolling motion, where there take place dragging and ploughing, slipping of the running wheels and vulcolan, acquisition of angular speed by the traction unit as related to the load centre line, presence of the main plane ploughing process, operating costs. The proposed innovative method of strapping, roping, hoisting and hauling ensures more efficient and safe execution of work due to the presence of instantaneous velocity centers and the positive influence of the center of gravity of the load and its modules.

**Keywords**  
Hydraulic hoist, Roping, Hoisting and materials handling, Instantaneous velocity center.

**References**  
1. Klebanov Ya.M., Chernyakhovskaya L.B. & Shabanov L.A. Plane-parallel motion of a solid body. Samara, Samara State Technical University, 2008, pp. 1-10. (In Russ.).  
2. Tarasov V.M., Tarasova A.V. & Tarasov D.V. Method of loads roping in mining excavations, Pat. 2333880 RF, MPK B66C 1/12 (2006.01), Patent holder: Tarasov V.M., No. 2007130250/11; claim 07.08.2007; publ. 20.09.2008. Bulletin No. 26, 10 p. (In Russ.).  
3. Tarasov V.M., Tarasova A.V., Tarasov D.V. & Tarasova N.I. Assembly and disassembly method of roping and transportation of a longwall conveyor inside a mining excavation, Pat. 2480396 RF, MPK B66C 1/12 (2006.01), Patent holders: Tarasov V.M., Rivals Modern Innovative Technologies LLC, No. 2011148728/11; claim 29.11.2011; publ. 27.04.2013. Bulletin No.12, 10 p. (In Russ.).  
4. Buyalich G.D., Tarasov V.M., Tarasova N.I. et al. Modernization of hydraulic hoists on suspended monorail. *Birzha intellektual'noj sobstvennosti*, 2015, (5), pp. 57-64. (In Russ.).

**For citation**  
Tarasov V.M., Fomin A.I. Enhancing the operational safety of mine hoisting equipment. *Ugol'*, 2021, (12), pp. 15-20. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2021-12-15-20](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2021-12-15-20).

**Paper info**  
Received October 19, 2021  
Reviewed October 24, 2021  
Accepted November 18, 2021

MINING EQUIPMENT