

# **ВЕСТНИК**

**Научного центра по безопасности работ  
в угольной промышленности**

**Научно-технический журнал**



**Кемерово**

**2-2017**

**ВЕСТНИК**  
**Научного центра**  
**по безопасности работ**  
**в угольной промышленности**  
**ISSN 2072-6554**

**№ 2-2017**

**Выходит 4 раза в год**

Подписной индекс  
в Каталоге Агентства  
«Роспечать» 2017 г. – 35939

**ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН**

Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-56356 от 02.12.2013 г.

**ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН**

в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук», сформированный ВАК при Минобрнауки России

**Учредитель и издатель**

**научно-технического журнала «Вестник...»:**  
**Общество с ограниченной**  
**ответственностью «ВостЭКО»**  
**(ООО «ВостЭКО»)**

Адрес издателя и редакции:  
650002, Россия, Кемеровская область,  
г. Кемерово, Сосновый бульвар, 1

Редакторы: *М.В. Ярош, Л.С. Кузавкова, Д.А. Трубицына*  
Компьютерная верстка *Д.А. Трубицына*

тел. 77-86-62, 64-26-51.  
e-mail: yarosh\_mv@mail.ru  
dtrubitsyna@gmail.com

[www.ind-saf.ru](http://www.ind-saf.ru) [www.indsafe.ru](http://www.indsafe.ru)

**Позиция редакции не всегда совпадает  
с точкой зрения авторов публикуемых материалов**

**В номере использованы материалы сайтов**  
[www.lori.ru](http://www.lori.ru), [www.freelimages.com](http://www.freelimages.com), [www.unsplash.com](http://www.unsplash.com) и  
[www.graphicriver.net](http://www.graphicriver.net)

**16+**

© ООО «ВостЭКО», 2017

Адрес типографии:  
650065, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово, пр-т  
Октябрьский, 28 офис 215  
тел. 8 (3842) 657889. ООО «ИНТ».

**Главный редактор: Н. В. Трубицына**

**Редакционная коллегия:**

**Н. В. Трубицына** – главный редактор, заместитель  
директора по научной работе ООО «ВостЭКО», д-р  
техн. наук

**А. С. Ярош** – заместитель главного редактора,  
генеральный директор АО «НИИГД», канд. техн.  
наук

**А. А. Васильев** - заведующий лабораторией ФГБУН  
«Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева  
СО РАН», д-р физ.-мат. наук, проф.

**А. М. Брюханов** - и.о. председателя  
Государственного комитета Гортехнадзора ДНР,  
д-р техн. наук

**Р. Б. Айтхожаев** - директор Карагандинского  
филиала АО "Национальный научно-технический  
центр промышленной безопасности"

**В. И. Клишин** - Директор Института угля  
Федерального исследовательского центра угля и  
углехимии СО РАН, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук,  
проф.

**З. Р. Исмагилов** - директор Института углехимии  
и химического материаловедения Федерального  
исследовательского центра угля и углехимии СО  
РАН, чл.-корр. РАН, д-р хим. наук, проф.

**А. В. Шадрин** – ведущий научный сотрудник  
Института угля ФИЦ УУХ СО РАН, д-р техн. наук

**В. Г. Казанцев** – заведующий кафедрой «БТИ»  
(филиал) ФГБОУ ВПО «АлтГТУ им. И.И.  
Ползунова», д-р техн. наук

**В. С. Зыков** – главный научный сотрудник  
Кемеровского представительства АО «ВНИМИ»,  
д-р техн. наук, проф.

**Д. А. Трубицына** – выпускающий редактор ООО  
"ВостЭКО"

**М. В. Ярош** – редактор ООО «ВостЭКО»

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗА НА ПОДВЕСНОМ МОНОРЕЛЬСОВОМ ТРАНСПОРТЕ НА РАБОТУ РОЛИКООПОР И ИХ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ В МОНОРЕЛЬСОВЫХ КАРЕТКАХ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕРЦЕВСКОГО ДАВЛЕНИЯ

### INFLUENCE OF MONORAIL TRANSPORT CARGO MOVING METHOD ON THE WORK OF MONORAIL SUSPENSIONS AND THEIR ROLLER BEARINGS IN MONORAIL CARRIAGES. DETERMINATION OF HERTZIAN PRESSURE



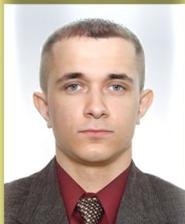
**В. М. Тарасов**  
indsafety@yandex.ru,  
rivalsit@yandex.ru



**Г. Д. Буялич**  
gdb@kuzstu.ru



**Д. В. Тарасов**



**А. Е. Ефлов**  
indsafety@yandex.ru,  
rivalsit@yandex.ru



**Н. И. Тарасова**  
indsafety@yandex.ru,  
rivalsit@yandex.ru

**В. М. Тарасов** – соискатель Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева (КузГТУ), 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, генеральный директор ООО «РивальСИТ», 650023, г. Кемерово, Московский проспект, 17, 184, член НП ТП ТПИ

**Г. Д. Буялич** – доктор технических наук, профессор Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева (КузГТУ), 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «ФИЦ УУХ СО РАН», 650065, г. Кемерово, Ленинградский проспект, 10

**Д. В. Тарасов** – студент Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева (КузГТУ), 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, специалист ОТиПБ ООО «ИКЦ «Промышленная безопасность», 650023, г. Кемерово, Московский проспект, 17, 184

**А. Е. Ефлов** – инженер по строительству автодорог, юрист ООО «РивальСИТ», 650023, г. Кемерово, Московский проспект, 17, 184

**Н. И. Тарасова** – соискатель Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева (КузГТУ), генеральный директор ООО «ИКЦ «Промышленная безопасность», 650023, г. Кемерово, Московский проспект, 17, 184

**V. M. Tarasov** - a competitor of the Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev (KuzGTU), 28, ul. Spring, Kemerovo, 650000, Russia. General Director of "RivalCIT" LLC, 184, 17, Moskovskij Avenue, Kemerovo, 650023, Russia. A member of the TP TPI

**G. D. Buyalich** - Doctor of Technical Sciences, Professor of Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev (KuzGTU), 28, ul. Spring, Kemerovo, 650000, Russia. Leading Researcher of the FGBNU "FIC UUH SB RAS", 10, Leningradsky Prospekt, Kemerovo, 650065, Russia

**D. V. Tarasov** - student of the Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev (KuzGTU), 28, ul. Spring, Kemerovo, 650000, Russia. Specialist of OTiPB LLC "ICC" Industrial Safety", 184, 17, Moskovskij Avenue, Kemerovo, 650023

**A. E. Eflov** - road construction engineer, lawyer, "RivalCIT" LLC, 184, 17, Moskovskij Avenue, Kemerovo, 650023, Russia

**N. I. Tarasova** - competitor of the Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev (KuzGTU), 28, ul. Spring, Kemerovo, 650000, Russia. General Director of LLC "ICC" Industrial Safety", 184, 17, Moskovskij Avenue, Kemerovo, 650023, Russia

*Рассматривается вопрос влияния центра тяжести груза и его модулей с положительным и отрицательным значениями внешних сил на работу роликоопор и их подшипников качения в монорельсовых каретках, поступательное динамическое плоскопараллельное движение качения роликоопор и их подшипников качения в монорельсовых каретках. Работу подшипников можно представить как качение шарика по плоской поверхности, построение схем воздействия внешних и внутренних сил на шарик и плоскость на движение качения. Доказывается отсутствие внешних сил воздействия на шарик с положительным значением, где отрицательное значение внешних сил определяется присутствием полого шарика без внутреннего положительного герцевского давления в действующей схеме перемещения груза на подвесном монорельсовом транспорте и присутствует отрицательное герцевское давление, что приводит к колоссальному износу подшипников, максимальных касательных напряжений со знаком «минус» по критерию Данг Ванна по оси Z и стремлению к минимальному значению, к нулю по осям ХУ основной плоскости, где происходит движение волочение и отсутствует движение качения, присутствие процессов разрушения подшипников вспахивания основной плоскости, на которой находится шарик, нерациональные эксплуатационные затраты, а в предлагаемом инновационном способе наличие внутреннего герцевского давления и пятна контакта давлений шарика, присутствие движение качения и влияние центра тяжести груза и его модулей на работу подшипников. Данный способ более эффективен и безопасен для*

ведения работ. Анализируется новый способ строповки и перемещения груза в горных выработках на сравнительной базе действующей схемы перемещения груза в строгом соответствии с общими законами механики, где силы формируются таким образом, что качение происходит, и шарики опорных подшипников на осях работают в качестве опоры, благодаря включению в работу двух модулей груза и влияние способа подъема перемещения груза на подвесном монорельсовом транспорте.

The question of cargo gravity center and its modules with positive and negative values of external forces influence on the operation of **roller carriages and their rolling bearings in monorail carriages** is considered, and the dynamic, plane-parallel motion of **roller carriages and their rolling bearings in monorail carriages**. The **work of bearings** can be represented as a ball rolling on a flat surface, constructing schemes for the impact of external and internal forces on the ball and the plane on the rolling motion. It is proved that there is no external forces acting on the ball with a positive value, where the negative value of the external forces is determined by the presence of a hollow ball without an internal positive Hertzian pressure in the current scheme of cargo movement on the suspended monorail transport and there is a negative Hertzian pressure, which results in colossal wear of the bearings, with a "minus" sign according to the Dang Vann criterion along the Z axis and tendency to the minimum value, to zero along the XY axes of the main plane. There is a movement of drawing and there is no rolling motion, there are processes of destruction of bearings and plowing of the main plane on which the ball is located, irrational operating costs.

In the proposed innovative method, there is the presence of internal Hertzian pressure and the ball contact pressure points, the presence of rolling motion and the effect of the load gravity center and its modules on the bearings operation. This method is more efficient and safe for work. A new way of slinging and moving cargo in the mine workings is analyzed on the comparative basis of the current scheme of cargo movement in strict accordance with the general laws of mechanics, where the forces are formed in such a way that the rolling takes place, and the support bearing balls on the axles work as a support due to two cargo modules included in operation and the cargo lifting and movement method influence at the suspended monorail transport.

**Ключевые слова:** СТРОПОВКА И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ГРУЗА, ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ КАЧЕНИЕ, РОЛИКООПОРЫ, ПОДШИПНИКИ В МОНОРЕЛЬСОВЫХ КАРЕТКАХ, ШАРИК, ОСНОВНАЯ ПЛОСКОСТЬ, ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ ГРУЗА, МОДУЛИ ГРУЗА, ГЕРЦЕВСКОЕ ДАВЛЕНИЕ, ГОРНАЯ ВЫРАБОТКА, ГИДРОПОДЪЕМНИК, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ

**Key words:** CARGO SLINGING AND MOVEMENT, PLANE-PARALLEL ROLLING MOVEMENT, ROLL CARRIAGES, BEARINGS IN MONORAIL CARRIAGES, BALLS, MAIN PLANE, CARGO GRAVITY CENTER, CARGO MODULES, HERTZIAN PRESSURE, MINE OPENING, HYDRAULIC HOIST, EFFICIENCY, SAFETY

Рассматривая работу подшипника качения по основной поверхности, ее можно представить как качение шара по поверхности, в этой паре можно рассчитать герцевское давление, необходимое для определения несущей способности подшипника.

Перейдем к рассмотрению вопроса, схе-

матично распределим силы, воздействующие и влияющие на шарик и плоскость. В таблице 1 покажем величины и единицы измерения, необходимые при расчете сопротивления, напряжение и герцевское давление.

Определим состояние напряжения при герцевском контакте. Точечный контакт шарик-

Таблица 1. Величины и единицы измерения при расчете сопротивления

Величина	Единица измерения	Наименование	Примечание
$A$	$мм^2$	Площадь поперечного сечения	—
$F$	$H$	Сила, нагрузка	—
$E$	$H/мм^2$	Модуль упругости	$E = 210\ 000$ (сталь)
$G$	$H/мм^2$	Модуль сдвига	$G = 83\ 000$ (сталь)
$H$	$м^3$	Момент площади сечения	$H_v = \int z \cdot \delta A$
$I_a$	$мм^4$	Осевой момент инерции площади	$I_v = \int z^2 \cdot \delta A$
$I_p$	$мм^4$	Полярный момент инерции площади	$I_p = \int r^2 \cdot \delta A$
$l, a$	$мм$	Длина, плечо силы	
$M_b$	$H \cdot мм$	Момент изгиба	$M_b = Fl$ (общ.)
$M_t$	$H \cdot мм$	Момент вращения, момент кручения	$M_t = Fl$ (общ.)
$w, f$	$мм$	Деформация, прогиб	—
$\varphi$	$рад$	Угол вращения, угол кручения	—

Величина	Единица измерения	Наименование	Примечание
$W_a$	мм <sup>3</sup>	Осевой момент сопротивления	$W_a = I_a / e_{max}$
$W_p$	мм <sup>3</sup>	Полярный момент сопротивления	$W_p = I_p / R$ (крут)
$\sigma$	Н/мм <sup>2</sup>	Расчетное напряжение	$\sigma = E\varepsilon$ (Тук)
$T$	Н/мм <sup>2</sup>	Напряжение сдвига	$T = G\gamma$ (Тук)
$\varepsilon$	—	Напряжение скручивания	$\varepsilon = \sigma/E = \Delta l/l_0$
$\varepsilon_p$	%	Предельное растяжение	—
$\gamma$	рад	Упругое скольжение	$\gamma = T/G$
$R_e$	Н/мм <sup>2</sup>	Предел удлинения, предел текучести материалов	См. таблицу материалов
$R_{p0.2}$	Н/мм <sup>2</sup>	0,2 предел растяжения	
$R_m$	Н/мм <sup>2</sup>	Предел прочности при растяжении	
$\sigma_w$	Н/мм <sup>2</sup>	Предел прочности при знакопеременных циклах	См. график длительной прочности (График Смита)
$\sigma_{Sch}$	Н/мм <sup>2</sup>	Предел прочности при знакопостоянной периодической нагрузке	
$\sigma_A$	Н/мм <sup>2</sup>	Прочность при амплитуде предельного цикла	
$\sigma_p$	Н/мм <sup>2</sup>	Длительная прочность	
$\alpha_k$	—	Статическая нагрузка	Статическая нагрузка
$\beta_k$	—	Коэффициент эффективности надреза	Динамическая нагрузка
$S$	—	Коэффициент запаса прочности	—

Таблица 2. Расчетные формулы для основной герцевской контактной пары шар/плоскость

Наименование	Формулы
Герцевское давление (общая формула)	
Комбинация тел тело 1/тело 2	Рис.1
Полуоси эллиптических контактных поверхностей	$a = b = \sqrt[3]{\frac{6F(1-\nu^2)d_1}{4E}}$
Максимальное герцевское давление	$P_{max} = \sqrt[2]{\frac{6FE^2}{\pi^3(1-\nu^2)^2 d_1^2}}$
Сближение обоих тел	$\delta = \sqrt[3]{\frac{9F(1-\nu^2)^2}{2E^2 d_1}}$
Герцевское давление, $P_{max}$ , (Н/мм <sup>2</sup> ) для	$P_{max} = 2716 \sqrt[3]{\frac{F}{d_1^2}}$



Рисунок 1 - Комбинация тел, тело 1/тело 2 (шарик и плоскость)  
Figure 1 - Combination of bodies, body 1 / body 2 (ball and plane)

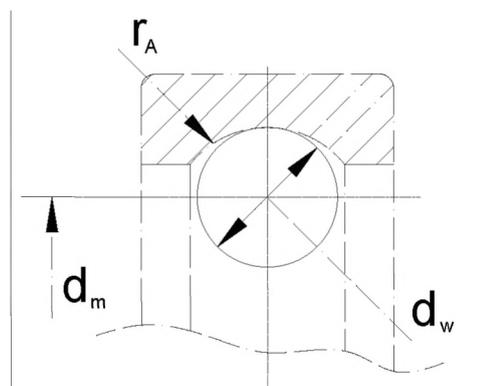


Рисунок 2 - Радиальный шарикоподшипник шарик — наружное кольцо  
Figure 2 - Radial ball bearing ball - outer ring

Таблица 3. Вспомогательные показатели для расчета герцевского давления в подшипниках качения, в радиальном шарикоподшипнике

	Наименование	Формулы
Рис.2	<b>Радиальный шарикоподшипник</b> шарик — наружное кольцо $\gamma = d_w / d_m$ $S = d_m / 2r_A$ $r_A \leq 0,53d_w$	$\sum k = \frac{2}{d_w} \left[ \frac{2 - S + \gamma(1 - S)}{1 + \gamma} \right]$ $\text{cost} = \frac{S - \gamma(1 - S)}{2 - S + \gamma(1 - S)}$
Рис.3	<b>Радиальный шарикоподшипник</b> шарик — внутреннее кольцо $\gamma = d_w / d_m$ $S = d_m / 2r_I$ $r_A \leq 0,52d_w$	$\sum k = \frac{2}{d_w} \left[ \frac{2 - S - \gamma(1 - S)}{1 - \gamma} \right]$ $\text{cost} = \frac{S + \gamma(1 - S)}{2 - S - \gamma(1 - S)}$

Таблица 4. Состояние напряжения при герцевском контакте, точечный контакт: шарик – плоскость

Наименование	Формулы
Точечный контакт: шарик плоскость Рис. 4	Радиус опорной поверхности: $a = \sqrt[3]{\frac{3F(1 - \nu^2)d}{4E}}$ $\frac{ \sigma_z }{P_{\max}}, \frac{ \sigma_r }{P_{\max}}, \frac{ \tau }{P_{\max}}$
	Состояние напряжения (для $r = 0$ ): $\frac{\sigma_z}{P_{\max}} = -\frac{1}{\left(\frac{z}{a}\right)^2 + 1};$ $\frac{\sigma_r}{P_{\max}} = -(1 + \nu) \left[ 1 - \frac{z}{a} \operatorname{arctg}\left(\frac{a}{z}\right) \right] + \frac{1}{2 \left[ \left(\frac{z}{a}\right)^2 + 1 \right]};$ $\frac{\tau}{P_{\max}} = -\frac{4}{3} \frac{1}{\left(\frac{z}{a}\right)^2 + 1} + \frac{1 + \nu}{2} \left[ 1 + \frac{z}{a} \operatorname{arctg}\left(\frac{z}{a}\right) \right].$

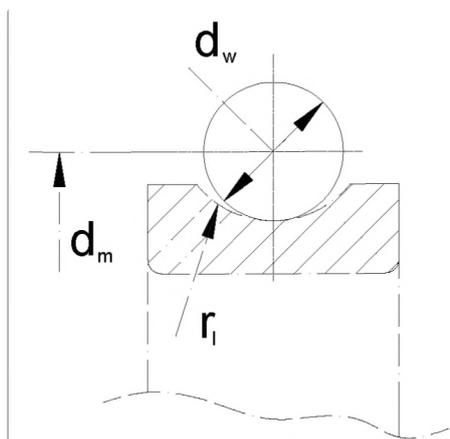


Рисунок 3 - Радиальный шарикоподшипник шарик — внутреннее кольцо  
Figure 3 - Radial ball bearing ball - inner ring

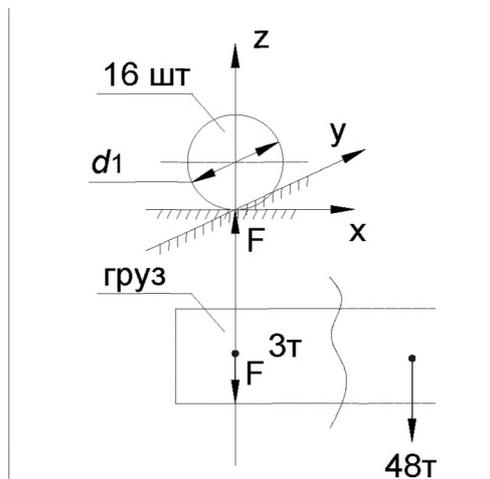


Рисунок 5а - Распределение силовой составляющей от реакции основной плоскости самого груза с отрицательным значением  
Figure 5a - Distribution of the power component from the reaction of the main plane and the load itself with a negative value

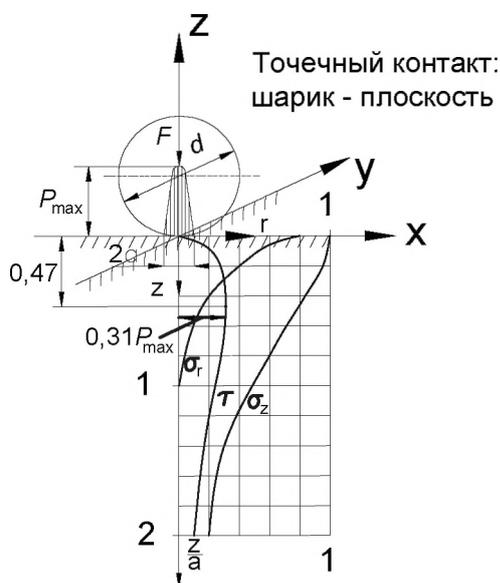


Рисунок 4 - Точечный контакт: шарик- плоскость  
Figure 4 - Spot contact: ball-plane

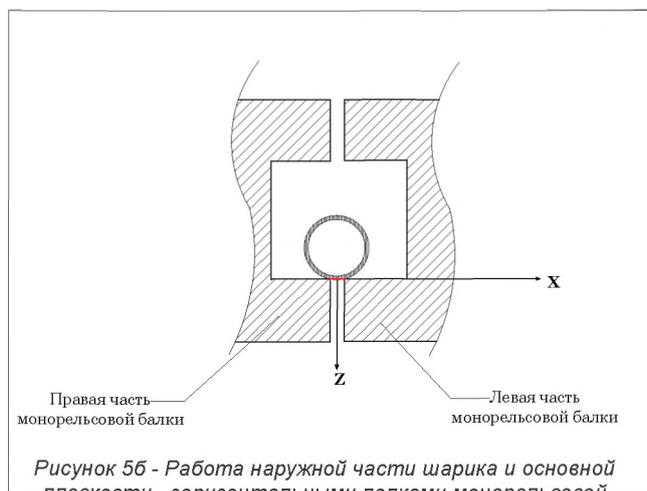


Рисунок 5б - Работа наружной части шарика и основной плоскости — горизонтальными полками монорельсовой балки  
Figure 5b - Operation of the outer part of the ball and the main plane - the horizontal shelves of the monorail beam

плоскость.

Все расчетные формулы приведены при правильном расположении и воздействии силы  $F$  на шарик, выше центра катящегося шарика и основной плоскости, по которой катится шарик, наличием опоры с давлением  $P_{max}$  от поверхности до точки воздействия сил внутри шарика.

Рассмотрим работу подшипника при действующем способе (рис. 5а) перемещения груза в горной выработке на подвесном монорельсовом транспорте с помощью двух гидродоъемников и одной единицы груза, транспортируемой дизель – гидравлическим локомотивом [2, 3].

По причине отсутствия основной положительной со знаком «плюс» силы нагрузки  $F$  - тяжести по вертикальной оси  $Z$ , которая должна воздействовать на точку, лежащую выше центра шара и самой плоскости системы координат  $XU$ . Отсутствует опора во внутренней части шари-

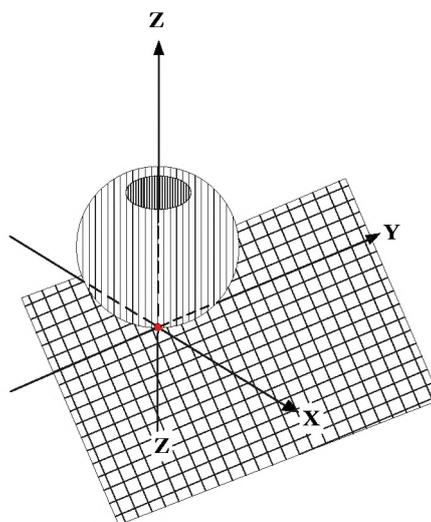


Рисунок 5с - Распределение контактных давлений при нагрузке  $H = -1,102 \text{ Н/ММ}^2$   
Figure 5c - Distribution of contact pressures at a load of  $H = -1.102 \text{ N/MM}^2$

ка с давлением  $P_{max}$ , от поверхности до точки воздействия сила  $F$  тяжести также отсутствует. А сила нагрузки  $F$  тяжести по вертикальной оси  $Z$  приложена с отрицательным значением ниже самой основной плоскости в точку  $O$  контактного пятна (рис. 5б). На основную плоскость и наружную сферическую поверхность шарика приходится одна клетка, гидростатическое давление имеет наибольшее значение в точке, расположенной на поверхности контакта при  $Y = 0, X = 0$  (рис. 5в). Закон его изменения в зависимости от координаты основной плоскости тела  $XU$ . И в эту точку сферы приложена сила нагрузки  $F$  реакции основной плоскости по вертикальной оси  $Z$  вверх, а также подвеса массы тела вниз, ниже основной плоскости.

Показав все силы на схеме, видим следующую картину, что шарик находится на плоскости в нижней части его сферы, снаружи закреплен и подвешен груз (на нитке, стропе, канате), пропущенный через (щель, прорезь) в основной плоскости [4]. Мысленно разрежем монорельсовую балку по вертикальной полки и оси, левую часть балки оставим на месте, а правую перенесем в левую часть рисунка для наглядности показа (рис. 5б). Из чего следует, что при такой раскладке нагружаемых сил качение шарика по основной поверхности невозможно, соответственно, и герцевское давление, и состояние напряжения при герцевских контактах, где расчетные данные равны отрицательному значению, как будто это полый шарик. По этой причине шарики подшипников колются как орехи. В статье по модернизации гидроподъемников УПГЮ [5] рассмотрен вопрос подъема максимального груза  $48\text{ т}$  действующем способом перемещения груза двумя гидроподъемниками одну единицу груза. Просчитаем количество задействованных роликоопор и подшипников. В статье «Повышение эффективности работы подвесного монорельсового транспорта за счет рационального размещения груза» [3] в действующем способе перемещения груза двумя гидроподъемниками имеются четыре монорельсовых каретки, каждая из которых имеет четыре роликоопоры, в которых находится подшипник  $4 \cdot 4 = 16$  штук, соответственно на каждый подшипник  $48 : 16 = 3\text{ т}$  (с отрицательным знаком «-»), в которых отсутствует качение. Покажем на рисунке 5а подвешенный трехтонный груз на шарике, где качение шарика произвести невозможно.  $P_{max}; F = -3\text{ тс}$ ,  $d_1 = 20\text{ мм}$ ,  $P = -1101577,639$ ,  $H = -1,102\text{ Н/мм}^2$

Что еще раз подтверждает дополнительно к статье [3], в которой доказано, что качение в роликоопорах отсутствует. На шахтах, где экс-

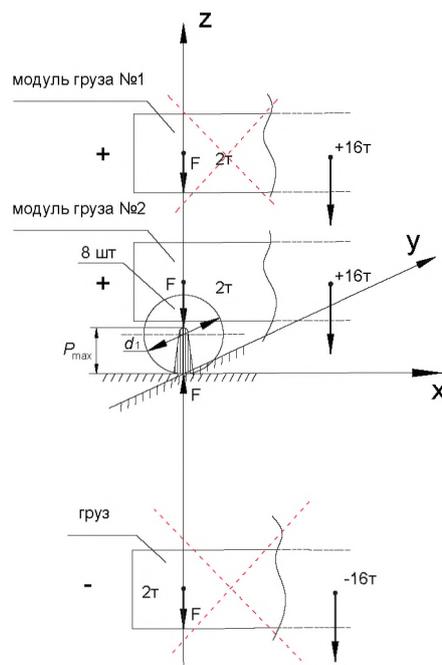


Рисунок 6а - Распределение силовой составляющей от реакции основной плоскости и модулей, и самого груза  
Figure 6a - Distribution of the power component from the response of the main plane and modules, and the cargo itself

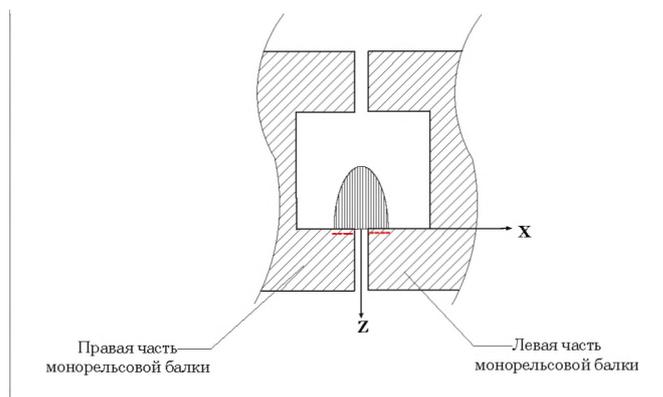


Рисунок 6б - Работа внутренней части шарика и основной плоскости – горизонтальными полками монорельсовой балки  
Figure 6b - Work of the inner part of the ball and the main plane – the horizontal shelves of the monorail beam

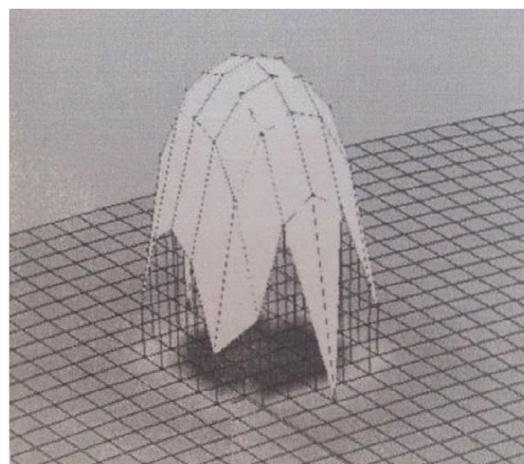


Рисунок 6в - Распределение контактных давлений при нагрузке  $H = 962\text{ Н/мм}^2$   
Figure 6c - Distribution of contact pressures at a load of  $H = 962\text{ Н/мм}^2$

плуатируется этот вид транспорта, роликоопоры с подшипниками и валами стали расходным материалом. Это нонсенс!

Перейдем к рассмотрению этого вопроса при новом способе строповки и перемещения груза по горным выработкам в соответствии патента на изобретение РФ №2333880 [6]. Согласно этой технологии груз по подвесному монорельсовому транспорту транспортируется следующим способом: один гидроподъемник поднимает одну единицу груза. Определим количество роликоопор, две монорельсовых каретки на одном гидроподъемнике, а каждая каретка имеет четыре роликоопоры, соответственно  $4 \cdot 2 = 8$  штук роликоопор. В предыдущей статье [3] мы описали, что по этому способу (технологии) груз поднят и зафиксирован в пространстве, где вся силовая составляющая приходит в одну точку [6, 12].

При построении плана мгновенных скоростей и благодаря правилу Жуковского – правило параллелограмма [4] – груз, поднятый и зафиксированный в пространстве, раскладывается дополнительно еще на два модуля груза: груз -1 и 2 модуля груза - это будет 3 единицы. Тогда масса груза распределится следующим образом:  $48m : 3 \text{ед.} = 16m$ . Система векторов определяет их место положения относительно основной плоскости в трехмерной системе координат  $XYZ$ . Покажем, как в этом способе все силы  $F$  нагрузки и реакции основной плоскости воздействуют на шарик, расположенный сверху основной плоскости.

Опишем Рис.6а [1]. Мы видим, что груз распределится в трехмерной системе координат  $XYZ$  следующим образом: два модуля груза под №1, №2 с положительным знаком на оси  $Z$  по «+»  $16m$  каждый, выше основной плоскости с значениями координат  $XY$  и модуль груза под №2, а также его центр тяжести выше центра шарика, лежащего на основной плоскости. И на оси  $Z$  ниже основной плоскости с значениями координат  $XY$  расположен сам груз с отрицательным знаком «-»  $16m$ . При работе и взаимодействии двух грузов с положительным и отрицательным значениями образуют ноль. Приведенные к нулю модуль и груз, располагающийся на равном расстоянии от основной плоскости  $XY$ , перечеркнем их красными пунктирными линиями. Соответственно, в работе остается модуль груза под №2 с положительным знаком на оси  $Z$  «+»  $16m$  выше основной плоскости с осями координат  $XY$ . Его центр тяжести выше центра шарика, лежащего на основной плоскости. Можно сказать, что модуль груза №2 располагается сверху монорель-

совых кареток, а каретки находятся под ним, в его нижней части. Следует, что модуль груза находится на каретках (как фигурист на коньках по льду или на роликах по асфальту).

На восемь роликоопор и их подшипников приходится  $16m$  приведенного груза. При максимальном подъеме груза с весом в  $48m$  на один подшипник сила нагрузки тяжести  $F$  приходится  $16:8=2m$ , в которых происходит движение качение. В статье [5] по модернизации гидроподъемников один гидроподъемник в движении будет находиться на двух монорельсовых балках, которые закреплены в кровлю выработки на шести анкерах, максимально несущая способность каждого анкера  $16m$ . Отсюда следует, что предлагаемая технология в шесть раз уменьшает нагрузку на анкерную подвесную систему. Запас прочности предлагаемой технологии позволяет работать с максимальным поднятым и зафиксированным в пространстве грузом  $48m$ , а не идти на поводу у зарубежных компаний и их разработанных технологий для Российской Федерации и уменьшать несущую способность анкера с  $16m$  до  $8m$ .

Только благодаря новому прогрессивному и высокоэффективному способу строповки и перемещения груза в горных выработках подвесным монорельсовым транспортом [6, 7], вся силовая составляющая по взаимодействию двух тел шарика и плоскости позволяет сказать, что вся система поставлена с головы на ноги. И взаимодействие шарика и плоскости, где шарик находится под ногами – грузом, и роликоопоры исполняют правильную функцию опоры, а не подвеса. Это позволяет произвести расчет герцевского давления в подшипниках и состояние напряжения самого пятна при герцевских контактах (рис. 6в). Наличие основной положительной со знаком плюс силы нагрузки  $F$  тяжести модуля груза №2 по вертикальной оси  $Z$  воздействует на точку, лежащую выше центра шара и самой плоскости системы координат  $XY$  [8]. Присутствует опора во внутренней части шарика (рис. 6а, рис. 6б, рис. 6в) с давлением  $P_{max}$ ;  $F = 2mc$ ,  $d_1 = 20mm$ ,  $P = 962316,7056$ ,  $H = 0,962 \text{ Н/мм}^2$  от поверхности до точки воздействия на нее сил также тела (модуля груза №2) присутствуют. Из этого следует, что в подшипнике расчеты приведены к цельному стальному шарик с внутренним давлением  $P_{max}$  и опорой на сорок клеток, их можно сосчитать на рисунке 6в [8].

Таким образом, предлагаемый способ подъема и перемещения груза в горных выработках на подвесном монорельсовом транспорте фундаментально меняет работу в положитель-

ную сторону и кардинально включает в работу подшипники качения в роликотпорах на моно-рельсовых каретках, на которые приведен модуль груза №2 со знаком плюс, где происходит качение [10,11]. Необходимо провести модернизацию подвешенного монорельсового транспорта в шахтах Кузбасса и в целом по России.

На данном этапе развития производства и экономики России президент и правительство РФ ставят задачу о повышении производительности труда, снижении себестоимости и эффективности производства с наименьшими

затратами [9,13]. Включая новый способ строповки груза в горных выработках на модернизацию подвешенного монорельсового транспорта согласно правилам стропального дела и законов теории [12,14], позволит увеличить производительность труда в два раза, на 200 %. При минимальных затратах на модернизацию и сохранения, экономии значительных финансовых средств на ремонт и обслуживание дорогостоящего оборудования многократно сократить аварийность и травматизм на этом виде транспорта.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артемьев В.А., Добровольский А.И., Заньков А.П., Килин А.Б., Федоров А.В., Ясюченя С.В. Справочник механика угольной шахты. Пер. с нем. Д. В. Шевелева. М.: Изд-во «Горное дело» ООО Киммерийский центр», 2013. 352с., табл., ил. (Библиотека горного инженера. Т.3 «Подземные горные работы».Кн. 8). С 211-240.
2. Тарасов В. М. Технология работы дизель-гидравлических локомотивов и навесного оборудования в горных выработках // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2010. №2. С. 155–165.
3. Тарасов В. М., Буялич Г. Д., Ефлов А. Е., Тарасов Д. В., Тарасова Н. И. Повышение эффективности работы монорельсового транспорта за счет рационального размещения груза // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. №4. С. 89–101.
4. Клебанов Я. М., Черняховская Л. Б., Шабанов Л. А. Плоскопараллельное движение твердого тела. Самара, 2008. 26. С. 1–10.
5. Модернизация гидроподъемников на подвешенном монорельсовом транспорте / В. М. Тарасов [и др.] // Биржа интеллектуальной собственности. 2015. № 5. С. 57–4.
6. Тарасов В. М., Тарасова А. В., Тарасов Д. В. Пат. 2333880 РФ. МПК В66С 1/12 (2006.01). Способ строповки грузов в горной выработке. Патентообладатель Тарасов В. М. №2007130250/11; заявл. 07.08.2007; опубл. 20.09.2008, бюллетень № 26. 10 с.
7. Тарасов В. М., Тарасова А. В., Тарасов Д. В. Тарасова Н. И. Пат. 2480396 РФ. МПК В66С 1/12 (2006.01). Монтажно-демонтажный способ строповки и транспортировки лавного конвейера в горной выработке. Патентообладатели Тарасов В. М., Общество с ограниченной ответственностью «Ривальс Со-временные Инновационные Технологии» (ООО «РивальСИТ»). № 2011148728/11; заявл. 29.11.2011; опубл.27.04.2013, бюллетень № 12. 10 с.
8. Сакало А. В. Контактно-усталостная прочность колесной стали // Вестник БГТУ. 2011. № 2. С. 35-41.
9. Трубицына Н. В., Ярош А. С. Импортзамещение // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2014. № 2. С. 6–14.
10. Тарасов В. М. Совершенствование технологии работы дизель-гидравлических локомотивов и навесного оборудования в горных выработках при внедрении инновационного способа строповки и перемещения груза // Безопасность труда в промышленности. 2009. № 8. С. 21–26.
11. Тарасов В. М., Тарасова Н. И., Тарасов Д. В. Об экономии финансовых средств и эффективности работ в процессе перемещения груза в шахте путем внедрения инновационных технологий на монорельсовом транспорте // Уголь. 2013. № 11. С. 16–9.
12. Хямялайнен В. А., Гордиенко Р. Ф., Ведяшкина Н. А. Теоретическая механика: Учеб. пособие для вузов. Кемерово: КузГТУ, 2001. С. 30-32.
13. Тарасов В. М., Буялич Г.Д., Тарасова Н. И. Повышение эффективности работ на монорельсовом транспорте // Горный инженер. 2013. № 1. С.202–207.
14. Оберман Я. И. Стропальное дело. М.: Металлургия, 1985. 208. С. 192–196.

#### REFERENCES

1. Artemiev, V.A., Dobrovolski, A.I., Zankov, A.P., Kilin, A.B., Fedorov, A.V., & Yasiuchenia, S.V. (2013). *Spravochnik mekhanika ugolnoi Shakhty [Coal mine mechanical engineer reference book]*. Moscow: Gornoie delo [in Russian].
2. Tarasov, V.M. (2010). *Tekhnologia raboty dizel-gidravlicheskich lokomotivov i navesnogo oborudovaniia v gornykh vyrabotkakh [Technology of diesel-hydraulic locomotives and the rigging operation in mine workings]*. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Gerald of Coal Mining Safety Scientific Center*, 2, 155-165 [in Russian].
3. Tarasov, V.M., Buialich, G.D., Yeflov, A.Ye., Tarasov, V.D., & Tarasova, N.I. (2016). *Povysheniie effektivnosti raboty monorelsovogo transporta za schet ratsionalnogo razmeshcheniia gruzha [Monorail transport efficiency increase due to rational cargo displacement]*. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Gerald of Coal Mining Safety Scientific Center*, 4, 89-101 [in Russian].
4. Klebanov, Ya.M., Cherniakhovskaia, L.B., & Shabanov, L.A. (2008). *Ploskoparallellnoie dvizheniie tverdogo tela [Plane-parallel movement of a solid body]*. Samara [in Russian].
5. Tarasov, V.M. et al. (2015). *Modernizatsiia gidropodemnikov na podvesnom monorelsovom transporte*

- [Modernization of hydraulic hoists on suspended monorail transport]. *Birzha intelektualnoi sobstvennosti - Exchange of intellectual property*, 5, 4-57. [in Russian].
6. Tarasov, V.M., Tarasova, A.V., & Tarasov, D.V. (2008). Sposob stropovki gruzov v gornoi vyrabotke [Method of slinging loads in the mine workings]. *Pat. 2333880 RF. MPK V66C 1/12. Published 20.09.2008, bulletin No. 26* [in Russian].
  7. Tarasov, V.M., Tarasova, A.V., Tarasov, D.V., & Tarasova, N.I. (2013). Montazhno-demontazhny sposob stropovki i transportirovki lavnogo konveiera v gornoi vyrabotke [Mounting and dismantling method of slinging and transporting the longwall conveyor in the mine workings]. *Pat. 2480396 RF. MPK V66C 1/12. Published 27.04.2013, bulletin No.12* [in Russian].
  8. Sakalo, A.V. (2011). Kontaktno-ustalostnaia prochnost kolesnoi stali [Contact fatigue strength of wheel steel]. *Vestnik BGTU – BGTU Gerald*, 2, 35-41 [in Russian].
  9. Trubitsyna, N.V., & Yarosh, A.S. (2014). Importozameshcheniie [Import substitution]. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti – Gerald of Coal Mining Safety Scientific Center*, 2, 6-14 [in Russian].
  10. Tarasov, V.M. (2009). Sovershenstvovanie tekhnologii raboty dizel-gidravlicheskih lokomotivov i navesnogo oborudovaniya v gornykh vyrabotkakh pri vnedrenii innovatsionnogo sposoba stropovki i peremeshcheniya gruzha [Technology improvement of diesel-hydraulic locomotives and rigging operation in mine openings with the introduction of an innovative method of cargo slinging and moving]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti – Industrial labor safety*, 8, 21-26 [in Russian].
  11. Tarasov, V.M., Tarasova, N.I., & Tarasov, D.V. (2013). Ob ekonomii finansovykh sredstv i ehffektivnosti rabot v processe peremeshcheniya gruzha v shakhte putem vnedreniya innovatsionnykh tekhnologiy na monorelsovom transporte [On saving financial resources and efficiency of work in the process of moving cargo in a mine by introducing innovative technologies on monorail transport]. *Ugol – Coal*, 11, 16-9 [in Russian].
  12. Khiamialainen, V.A., Gordienko, R.F., & Vediashkina, N.A. (2001). *Teoreticheskaiia mekhanika [Theoretical Mechanics] Text book for high school*. Kemerovo:KuzGTU [in Russian].
  13. Tarasov, V.M., Buialich, G.D., & Tarasova, N.I. (2013). Povysheniie ehffektivnosti rabot na monorelsovom transporte [Increase of work efficiency on monorail transport]. *Gorny inzhener – Mining Engineer*, 1, 202-207 [in Russian].
  14. Oberman, Ya.I. (1985). *Stropalnoie delo [Slinging]*. Moscow: Metallurgia [in Russian].



# ИЗСТ-01

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЗАПЫЛЕННОСТИ СТАЦИОНАРНЫЙ

[indsafe.ru](http://indsafe.ru)