



# Модернизация скребково-цепного устройства щебнеочистительных машин



Виктор КОВАЛЬСКИЙ  
Viktor F. KOVALSKY

Дмитрий ФЕДАСОВ  
Dmitry S. FEDASOV



Маргарита ЧАЛОВА  
Margarita Yu. CHALOVA

*Ковальский Виктор Федорович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Путевые, строительные машины и робототехнические комплексы» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*  
*Федасов Дмитрий Сергеевич – аспирант МИИТ, Москва, Россия.*  
*Чалова Маргарита Юрьевна – кандидат технических наук, доцент МИИТ, Москва, Россия.*

**Modernization of a Scraper-Chain Device of Ballast Cleaners**  
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 74)

**Повышение производительности современных путевых машин ведет к росту мощности приводов исполнительных устройств. В статье предлагается один из способов модернизации цепного скребкового рабочего органа путевых щебнеочистительных машин нового поколения. Разработана методика и приведены сравнительные результаты расчётов до и после модернизации, исходя из которых явно прослеживается энергетический выигрыш предлагаемого технического решения.**

*Ключевые слова:* путевая щебнеочистительная машина, модернизация, скребково-цепной рабочий орган, удельная энергоёмкость, сила сопротивления.

Известные конструкции и способы модернизации вырезающих устройств щебнеочистительных машин сводятся в основном к увеличению мощности машины с целью повышения ее рабочей скорости и частоты вращения приводной звездочки баровой цепи. Однако такой вариант повышения производительности помимо завышенных энергозатрат характеризуется и высоким износом узлов машины.

Следует отметить, что общее сопротивление движению баровой цепи определяется как сумма следующих составляющих [1]:

- сопротивление балласта резанию  $P_1$ ;
- сопротивление от сил трения балласта о балласт в зоне вырезки  $P_2$ ;
- сопротивление от сил трения скребков о балласт в зоне вырезки  $P_3$ ;
- сопротивление балласта перемещению по желобу  $P_4$ ;
- сопротивление от трения скребковой цепи о поверхность желобов  $P_5$ .

Согласно методике расчета [1], важную роль в определении мощности и удельной

энергоёмкости играет коэффициент заполнения межскребкового пространства [2].

В ходе модернизации вырезающего устройства предлагается любым из доступных способов заменить трение скольжения на трение качения или же полностью исключить его. Самыми подходящими для этой цели составляющими служат:

- сопротивление от сил трения скребков о балласт в зоне вырезки  $P_3$ ;
- сопротивление балласта перемещению по желобу  $P_4$ ;
- сопротивление от трения скребковой цепи о поверхность желобов  $P_5$ .

Снизить силу трения скребков о балласт, как показывают наши исследования, можно за счет установки роликовых опор в нижней части скребков. В этом случае сила  $P_3$  может быть записана в виде:

$$P_3 = f_{1.1}(k_k, R)G_u \frac{B}{L_u}; \quad (1)$$

$$f_{1.1} = \frac{k_k}{R}, \quad (2)$$

где  $B$  – ширина баровой цепи, м;

$k_k$  – коэффициент трения качения стали по грунту (ввиду отсутствия экспериментальных данных для коэффициента трения качения «щебень-сталь» выбрана близкая по свойствам пара «асфальт-сталь» – 6 мм [3]), мм;

$R$  – радиус опорного ролика (исходя из конструктивных соображений для скребков машины ЩОМ-1200 модернизированного вырезающего устройства принимаем  $R = 24$  мм), мм;

$L_u$  – общая длина цепи, м;

$G_u$  – сила тяжести цепи, кН.

Силу сопротивления перемещению балласта по желобу можно существенно уменьшить за счет установки ленточных конвейеров на днище и боковую стенку рабочего желоба, скорость лент которых синхронизируется со скоростью движения скребковоцепного вырезающего устройства. В этом случае данная сила может быть определена по формуле:

$$P_4 = \rho g S_{\text{скр}} K_{\text{зан}}(B, h, k_p, V_m, V_u, S_{\text{скр}}) L_{\text{ж}} \sin \alpha_{\text{ж}}. \quad (3)$$

Здесь коэффициент заполнения межскребкового пространства определяется по следующей зависимости [3]:

$$K_{\text{зан}}(B, h, k_p, V_m, V_u, S_{\text{скр}}) = \frac{BhV_mk_p}{V_u S_{\text{скр}}}, \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность разрыхленного балласта, т/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$S_{\text{скр}}$  – площадь скребка, м<sup>2</sup>;

$h$  – толщина вырезаемого слоя щебня, м;

$k_p$  – коэффициент разрыхления щебнеочистительного балласта;

$V_m$  – рабочая скорость движения (подачи) машины, м/с;

$V_u$  – скорость баровой цепи, м/с;

$L_{\text{ж}}$  – длина рабочего желоба, м;

$\alpha_{\text{ж}}$  – угол наклона желоба в рабочем положении, рад.

Сила трения цепи по поверхности желобов при оборудовании их транспортерами становится равной нулю ( $P_5 = 0$ ).

Проведем сравнение результатов.

Для удобства расчета были выведены общие двухпараметрические (зависимые от скорости вращения баровой цепи и скорости подачи – движения машины) формулы расчета мощности и удельной энергоёмкости процесса – как в случае с модернизированным вырезающим устройством, так и для серийно выпускаемой щебнеочистительной машины нового поколения ЩОМ-1200.

Мощность на звездочке привода скребково-цепного рабочего органа до модернизации:

$$N_{\text{зв}} = \frac{B}{\eta_{\text{скр}}} (k_1 k_\beta k_2 h V_m + 0,5 \rho g f_2 B h V_m k_p + \frac{f_{1.1} G_u V_u}{L_u} + \rho g L_{\text{ж}} (\sin \alpha_{\text{ж}} + f_1 \cos \alpha_{\text{ж}}) h V_m k_p + \frac{2 f_1^1 G_u L_{\text{жс}} \cos \alpha_{\text{жс}} V_u}{L_u B}) + \frac{\rho f_1^1 G_u L_{\text{жс}} \cos \alpha_{\text{жс}} V_u}{\eta_{\text{скр}}} (H_{\text{жс}} + V_u^2). \quad (6)$$

Аналогичная мощность после модернизации:

$$N_{\text{зв}} = \frac{B}{\eta_{\text{скр}}} (k_1 k_\beta k_2 h V_m + 0,5 \rho g f_2 B h V_m k_p + \frac{f_{1.1} G_u V_u}{L_u} + \rho g L_{\text{жс}} \sin \alpha_{\text{жс}} h V_m k_p) + \frac{\rho B h V_m k_p}{\eta_{\text{скр}}} (H_{\text{жс}} + V_u^2). \quad (7)$$





Таблица 1

Значения коэффициентов до модернизации

Наименование параметра	Обозначение	Величина	Размерность
Расчетное удельное сопротивление балласта резанию	$k_1$	700	кН/м <sup>2</sup>
Коэффициент, учитывающий угол резания	$k_\beta$	0,83	—
Коэффициент разрыхления щебня в шпальных ящиках	$k_2$	0,7	—
Коэффициент разрыхления загрязненного щебня	$k_p$	1,3	—
Коэффициент трения стали по балласту	$f_1$	0,45	
Коэффициент трения балласта по балласту	$f_2$	0,85	—
Коэффициент трения стали по стали при сильном абразиве	$f_1^1$	0,2	—
Плотность разрыхленного балласта	$\rho$	1,6	т/м <sup>3</sup>
Ускорение свободного падения	$g$	9,8	м/с <sup>2</sup>
КПД скребкового рабочего органа	$\eta_{скр}$	0,6	—
Высота подъема вырезанного щебня по желобу	$H_ж$	5,9	м
Длина рабочего желоба	$L_ж$	11,8	м
Ширина вырезки щебня	$B$	3,9	м
Толщина вырезаемого щебня	$h$	0,4	м
Сила тяжести цепи	$G_{ц}$	50	кН
Общая длина цепи	$L_{ц}$	30	м
Площадь скребка	$S_{скр}$	0,09	м <sup>2</sup>
Угол наклона желоба в рабочем режиме	$\alpha_ж$	0,523	рад

Таблица 2

Значения коэффициентов после модернизации

Наименование параметра	Обозначение	Величина	Размерность
Расчетное удельное сопротивление балласта резанию	$k_1$	700	кН/м <sup>2</sup>
Коэффициент, учитывающий угол резания	$k_\beta$	0,83	—
Коэффициент разрыхления щебня в шпальных ящиках	$k_2$	0,7	—
Коэффициент разрыхления загрязненного щебня	$k_p$	1,3	—
Отношение коэффициента трения к радиусу ролика	$f_{1,1}$	0,25	—
Коэффициент трения качения для пары «асфальт-сталь»	$k_k$	6	мм
Радиус опорного ролика	$R$	24	мм
Коэффициент трения балласта по балласту	$f_2$	0,85	—
Плотность разрыхленного балласта	$\rho$	1,6	т/м <sup>3</sup>
Ускорение свободного падения	$g$	9,8	м/с <sup>2</sup>
КПД скребкового рабочего органа	$\eta_{скр}$	0,6	—
Высота подъема вырезанного щебня по желобу	$H_ж$	5,9	м
Длина рабочего желоба	$L_ж$	11,8	м
Сила тяжести цепи	$G_{ц}$	50	кН
Общая длина цепи	$L_{ц}$	30	м
Площадь скребка	$S_{скр}$	0,09	м <sup>2</sup>
Угол наклона желоба в рабочем режиме	$\alpha_ж$	0,523	рад
Ширина вырезки щебня	$B$	3,9	м
Толщина вырезаемого щебня	$h$	0,4	м

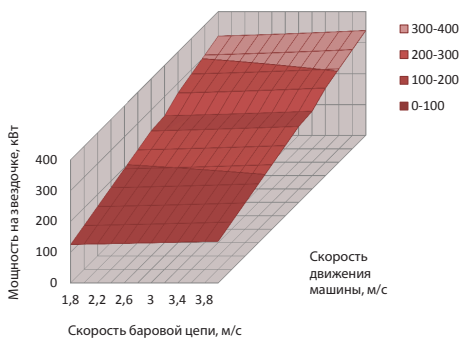


Рис. 1. Мощность на звездочке с учетом модернизации.

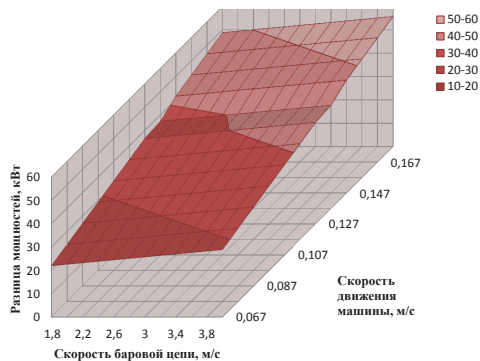


Рис. 3. Удельная энергоёмкость с учетом модернизации.

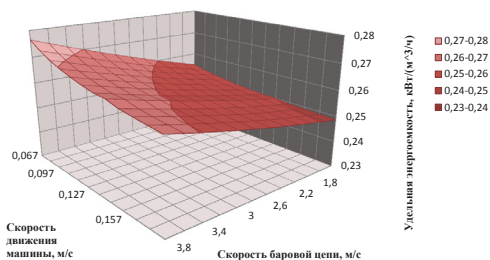


Рис. 2. Разница мощностей до и после модернизации.

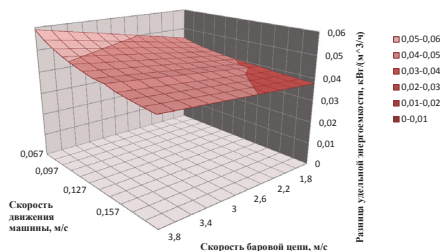


Рис. 4. Разница удельных энергоёмкостей до и после модернизации.

Формула удельной энергоёмкости в этом случае:

$$e = \frac{N_{зв}}{BhV_m k_p}$$

Исходя из технической характеристики ЩОМ-1200 в расчетах варьировались скорости машины и баровой цепи от 0,067 до 0,167 м/с и от 1,8 до 3,8 м/с соответственно. Результаты расчетов представлены на рис. 1–4.

Анализ полученных зависимостей показывает, что в результате предложенных технических решений имеется возможность снижения мощности двигателя привода вращения скребково-цепного рабочего органа путевой щетноочистительной машины ЩОМ-1200 на 50 кВт, а удельной энергоёмкости — на 21%.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ковальский В. Ф., Чалова М. Ю. Расчет параметров щетноочистительных машин // Мир транспорта. — 2012. — № 3. — С. 34–36.
- Ковальский В. Ф., Чалова М. Ю. Совершенствование метода расчета параметров скребково-цеп-

ного исполнительного устройства щетноочистительных машин нового поколения // Путь и путевое хозяйство. — 2014. — № 10. — С. 30–31.

- Онищенко О. Г., Коробко Б. А., Ващенко К. М. Структура, кинематика и динамика механизмов. — Полтава: ПолтНТУ, 2010. — 274 с.
- Ковальский В. Ф., Чалова М. Ю. Методика и результаты оценки производительности путевых щетноочистительных машин // Приводы и компоненты машин. — 2012. — № 1. — С. 7–8.
- Plasser & Theurer. [Электронный ресурс]: <https://www.plassertheurer.com/de/maschinen-systeme/maschinensysteme-rm-802-frm-802.html>. Доступ 18.04.2016.
- Ковальский В. Ф., Неклюдов А. Н., Ковальский С. В., Чалова М. Ю. Машины для очистки балластной призмы. — Ярославль: МИИТ, 2012. — 166 с.
- Railway strategies. [Электронный ресурс]: <http://www.railwaystrategies.co.uk/article-page.php?contentid=4666&issueid=181&se=1&searchphrase=ballast%20cleaner>. Доступ 18.04.2016.
- Попович М. В., Бугаенко В. М., Волковойнов Б. Г. Путевые машины. — М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2009. — 820 с.
- Соломонов С. А., Попович М. В., Бугаенко В. М. Путевые машины. — М.: Желдориздат, 2000. — 756 с.
- Американская железнодорожная энциклопедия. [Электронный ресурс]: <http://locomo.ru/mehanizmy/mashiny-dlya-ochistki-schebnya.html>. Доступ 18.04.2016.

Координаты авторов: Ковальский В. Ф. — kovalskij@miit.ru, Федасов Д. С. — fedasovds@gmail.com, Чалова М. Ю. — margarita\_chalova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 18.04.2016, принята к публикации 17.07.2016.



## MODERNIZATION OF A SCRAPER-CHAIN DEVICE OF BALLAST CLEANERS

**Kovalsky, Viktor F.**, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

**Fedasov, Dmitry S.**, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

**Chalova, Margarita Yu.**, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

### ABSTRACT

Increase in productivity of modern track machines leads to power growth of actuators' drives. The article offers a way towards modernization of a chain scraper working body of the new

generation of ballast cleaners. The developed techniques and the comparative results of the calculations before and after modernization, leading to power gain, show the advantages of the proposed engineering solutions.

**Keywords:** track ballast cleaner, modernization, scraper-chain actuator, specific energy, resistance force.

**Background.** Known designs and methods of modernization of cutting tools of ballast cleaning devices are generally reduced to increase in the power of the machine to increase its operating speed and the rotation speed of a driving star gear of a bar chain. However, this option in addition to the improvement of performance is characterized by excessive energy consumption and high wear of machine components.

It should be noted that the total resistance to movement of the bar chain is defined as a sum of the following components: [1]

- Ballast resistance to cutting  $P_1$ ;
- The resistance from ballast friction forces on ballast in the cutting zone  $P_2$ ;
- Resistance of scraper friction forces on ballast in the cutting zone  $P_3$ ;
- Ballast resistance to movement along the gutter  $P_4$ ;
- Resistance from friction of a scraper chain on the surface of gutters  $P_5$ .

According to the method of calculation [1], an important role in determining the performance and specific energy consumption is played by a coefficient of filling between-scraper space [2].

**Objective.** The objective of the authors is to suggest and to substantiate engineering solutions regarding modernization of a scraper-chain device of ballast cleaners.

**Methods.** The authors use general scientific and engineering methods, mathematical calculation, modeling, comparative analysis, graph construction.

**Results.** In the course of modernization of a cutting tool any of the available methods suggest to replace sliding friction to rolling friction or completely eliminate it. The most suitable components for this purpose are:

- Resistance from the scraper friction forces on ballast in the cutting zone  $P_3$ ;
- Ballast resistance to movement along the gutter  $P_4$ ;
- Resistance from friction of a scraper chain on the surface of gutters  $P_5$ .

To reduce the friction force of the scrapers on ballast, as shown by our study, it is possible to install roller bearings at the bottom of scrapers. In this case, the force  $P_3$  can be written as:

$$P_3 = f_{1.1}(k_r, R)G_c \frac{B}{L_c}; \quad (1)$$

$$f_{1.1} = \frac{k_r}{R}, \quad (2)$$

where  $B$  – width of a bar chain, m;

$k_r$  – coefficient of rolling friction of steel on the ground (in the absence of experimental data for the rolling friction coefficient «ballast-steel» the pair «asphalt-steel» – 6 mm [3]), the closest on the properties, is selected, mm;

$R$  – the radius of a supporting roller (based on design considerations for scrapers of the machine SCHOM-1200 of upgraded cutting tool we take  $R = 24$  mm), mm;

$L_c$  – total length of a chain, m;

$G_c$  – gravity force of a chain, kN.

Resistance force to ballast movement along the gutter can be significantly reduced through the installation of belt conveyors on the bottom and side wall of the working gutter, belt speed of which is synchronized with the speed of scraper-chain cutting tool. In this case, the force can be determined by the formula:

$$P_4 = \rho g S_{scr} K_{fill}(B, h, k_p, V_m, V_c, S_{scr}) L_c \sin \alpha_g, \quad (3)$$

Here the coefficient of filling of between-scraper space is determined by the following dependence [3]:

$$K_{fill}(B, h, k_p, V_m, V_c, S_{scr}) = \frac{BhV_mk_l}{V_c S_{scr}}, \quad (4)$$

where  $\rho$  – loosened ballast density t / m<sup>3</sup>;

$g$  – acceleration due to gravity, m / s<sup>2</sup>;

$S_{scr}$  – area of a scraper, m<sup>2</sup>;

$h$  – thickness of the cut layer of ballast, m;

$k_l$  – coefficient of loosening of the ballast;

$V_m$  – operating speed of movement of the machine, m / s;

$V_c$  – speed of a bar chain, m/s;

$L_g$  – length a working gutter, m;

$\alpha_g$  – angle of slope of a gutter in the operational position, rad.

The friction force of a chain on gutters' surface if they are equipped with conveyors becomes zero ( $P_5 = 0$ ).

Let's compare the results.

For the sake of convenience of calculations common two-parameter (depending on the speed of rotation of a bar chain and feed rate – movement of the machine) formulas for calculating power and energy intensity of the process were derived – as is the case with upgraded cutting tool, and for commercially available ballast cleaners of new generation SCHOM-1200.

Power on the star gear of a scraper-chain working body before modernization:

$$N_{sg} = \frac{B}{\eta_{scr}} \left( k_1 k_2 k_3 h V_m + 0,5 \rho g f_2 B h V_m k_l + \frac{f_1 G_c V_c}{L_c} + \rho g L_g (\sin \alpha_g + f_1 \cos \alpha_g) h V_m k_l + \frac{2 f_1^2 G_c L_g \cos \alpha_g V_c}{L_c B} \right) + \frac{\rho f_1^3 G_c L_g \cos \alpha_g V_c}{\eta_{scr}} (H_g + V_c^2). \quad (6)$$

A similar power after modernization:

Table 1

## The values of coefficients before modernization

Parameter name	Notation	Value	Dimension
Calculated ballast resistivity to cutting	$k_1$	700	kN/m <sup>2</sup>
Coefficient, taking into account the angle of cutting	$k_\beta$	0,83	–
Coefficient of loosening of ballast in sleeper boxes	$k_2$	0,7	–
Coefficient of loosening of contaminated ballast	$k_1$	1,3	–
Coefficient of steel friction on ballast	$f_1$	0,45	
Coefficient of ballast friction on ballast	$f_2$	0,85	–
Coefficient of steel friction on steel in case of a strong abrasive	$f_1^1$	0,2	–
Density of loosened ballast	$\rho$	1,6	t/m <sup>3</sup>
Acceleration due to gravity	$g$	9,8	m/s <sup>2</sup>
Efficiency of the scraper working body	$\eta_{scr}$	0,6	–
Lifting height of the cut ballast on the gutter	$H_g$	5,9	m
Length of a working gutter	$L_g$	11,8	m
Width of ballast cutting	$B$	3,9	m
Thickness of cut ballast	$h$	0,4	m
Gravity force of a chain	$G_c$	50	kN
Total length of a chain	$L_c$	30	m
Area of a scraper	$S_{scr}$	0,09	m <sup>2</sup>
Angle of slope of a gutter in the working mode	$\alpha_g$	0,523	rad

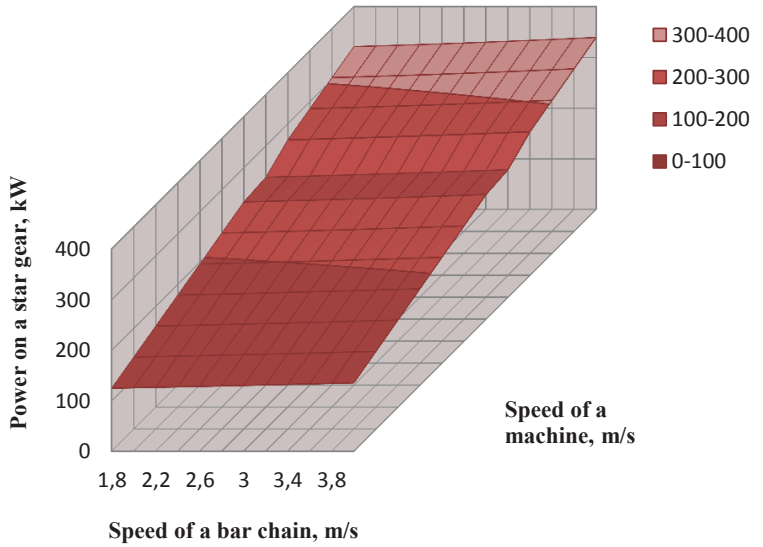
Table 2

## The values of coefficients after modernization

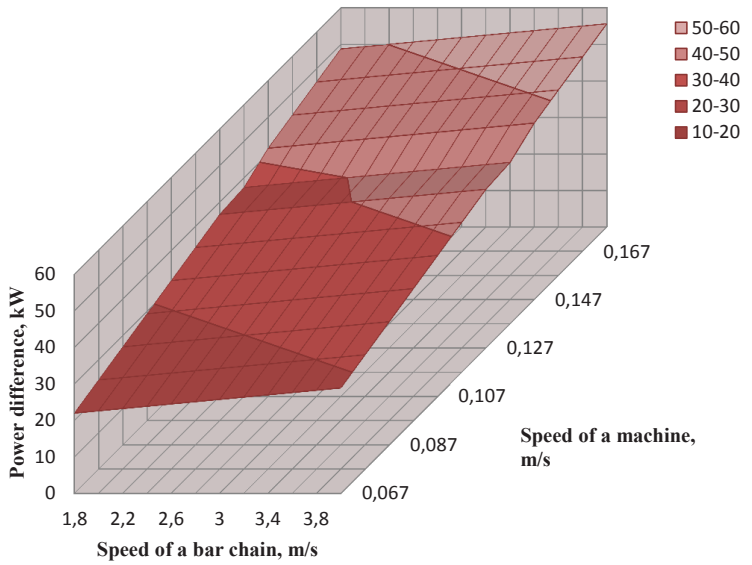
Parameter name	Notation	Value	Dimension
Calculated ballast resistivity to cutting	$k_1$	700	kN/m <sup>2</sup>
Coefficient, taking into account the angle of cutting	$k_\beta$	0,83	–
Coefficient of loosening of ballast in sleeper boxes	$k_2$	0,7	–
Coefficient of loosening of contaminated ballast	$k_1$	1,3	–
Ratio of a friction coefficient to a radius of a roller	$f_{1,1}$	0,25	–
Coefficient of rolling friction for the pair «asphalt-steel»	$k_r$	6	mm
Radius of a supporting roller	$R$	24	mm
Coefficient of ballast friction on ballast	$f_2$	0,85	–
Density of loosened ballast	$\rho$	1,6	t/m <sup>3</sup>
Acceleration due to gravity	$g$	9,8	m/s <sup>2</sup>
Efficiency of the scraper working body	$\eta_{scr}$	0,6	–
Lifting height of the cut ballast on the gutter	$H_g$	5,9	m
Length of a working gutter	$L_g$	11,8	m
Gravity force of a chain	$G_c$	50	kN
Total length of a chain	$L_c$	30	m
Area of a scraper	$S_{scr}$	0,09	m <sup>2</sup>
Angle of slope of a gutter in the working mode	$\alpha_g$	0,523	rad
Width of ballast cutting	$B$	3,9	m
Thickness of cut ballast	$h$	0,4	m



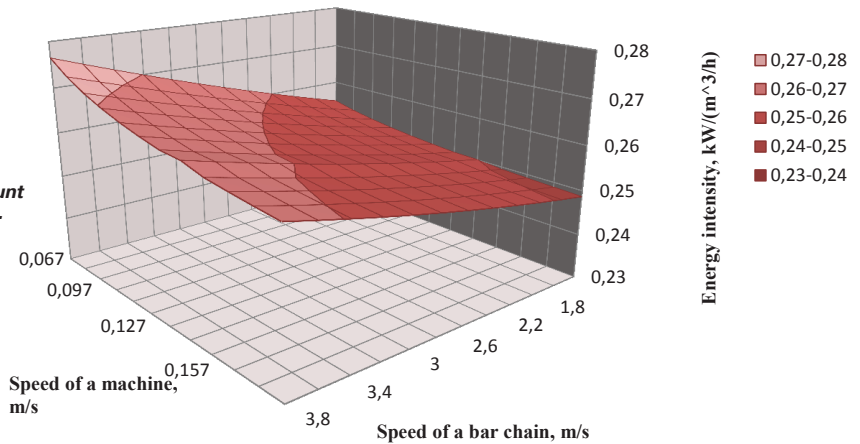
**Pic. 1. Power on a star gear with account of modernization.**

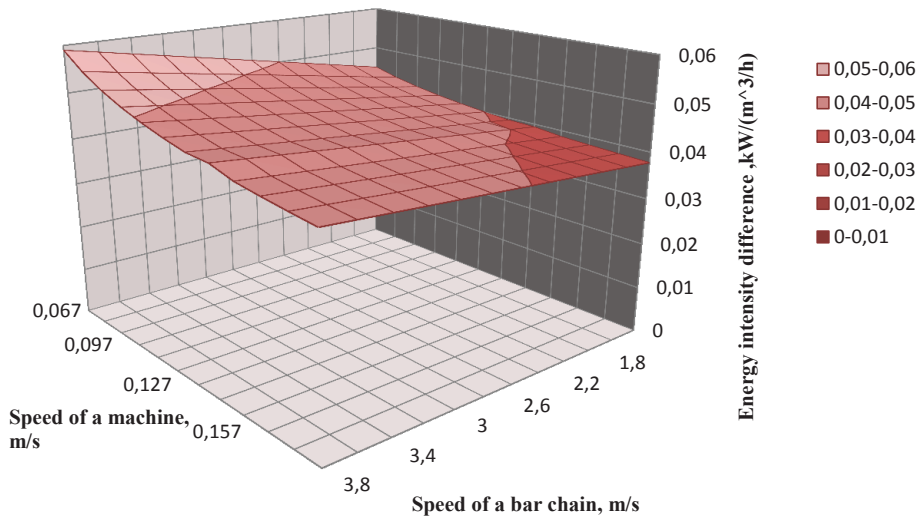


**Pic. 2. Power difference before and after modernization.**



**Pic. 3. Energy intensity with account of modernization.**





**Pic. 4. Energy intensity difference before and after modernization.**

$$N_{sg} = \frac{B}{\eta_{scr}} (k_1 k_\beta k_2 h V_m + 0,5 \rho g f_2 B h V_m k_l + \frac{f_{1,1} G_c V_c}{L_c} + \rho g L_g \sin \alpha_g h V_m k_l) + \frac{\rho B h V_m k_l}{\eta_{scr}} (H_g + V_c^2). \quad (7)$$

The formula of energy intensity in this case:

$$e = \frac{N_{sg}}{B h V_m k_l}.$$

Based on technical characteristics SCHOM-1200 in the calculation speed of the machine and a bar chain varied from 0,067 to 0,167 m/s and from 1,8 to 3,8 m/s, respectively. The calculation results are presented in Pic. 1–4.

**Conclusion.** Analysis of the obtained dependencies shows that as a result of the proposed technical solutions it is possible to reduce the power of a motor of a rotation drive of a scraper-chain working body of a track ballast cleaner SCHOM-1200 by 50 kW, and energy intensity – by 21%.

## REFERENCES

1. Kovalsky, V. F., Chalova, M. Yu. Computation of Parameters of Ballast Cleaners. *World of Transport and Transportation*, Vol.10, 2012, Iss. 3, pp. 34–36.
2. Kovalsky, V. F., Chalova, M. Yu. Improving the method of calculation of parameters of a scraper-chain actuator of new generation ballast cleaner [Sovershenstvovanie metoda rascheta parametrov skrebkovo-cepного

ispolnitel'nogo ustrojstva shhebneochistitel'nyh mashin novogo pokolenija]. *Put' i putevoe hozjajstvo*, 2014, Iss. 10, pp. 30–31.

3. Onishchenko, O. G., Korobko, B. A., Vashchenko, K. M. Structure, kinematics and dynamics of mechanisms [Struktura, kinematika i dinamika mehanizmov]. Poltava, PolNTU publ., 2010, 274 p.

4. Kovalsky, V. F., Chalova, M. Yu. Methodology and results of evaluation of performance of track ballast cleaners [Metodika i rezul'taty ocenki proizvoditel'nosti putevyh shhebneochistitel'nyh mashin]. *Privody i komponenty mashin*, 2012, Iss. 1, pp. 7–8.

5. Plasser & Theurer. [Electronic resource]: <https://www.plassertheurer.com/de/maschinen-systeme/maschinensysteme-rm-802-frm-802.html>. Last accessed 18.04.2016.

6. Kovalsky, V. F., Neklyudov, A. N., Kovalsky, S. V., Chalova, M. Yu. Machines for cleaning ballast section [Mashiny dlja ochistki ballastnoj prizmy]. Yaroslavl, MIIT publ., 2012, 166 p.

7. Railway strategies. [Electronic resource]: <http://www.railwaystrategies.co.uk/article-page.php?contentid=4666&issueid=181&se=1&searchphrase=ballast%20cleaner>. Last accessed 18.04.2016.

8. Popovich, M. V., Bugaenko, V. M., Volkovoynov, B. G. Track machines [Putevye mashiny]. Moscow, TMC on education on railway transport, 2009, 820 p.

9. Solomonov, S. A., Popovich, M. V., Bugaenko, V. M. Track machines [Putevye mashiny]. Moscow, Zheldorizdat, 2000, 756 p.

10. American railway encyclopedia [Amerikanskaja zheleznodorozhnaja enciklopedija]. [Electronic resource]: <http://locomo.ru/mehanizmy/mashiny-dlya-ochistki-shebnaya.html>. Last accessed 18.04.2016. ●

Information about the authors:

**Kovalsky, Viktor F.** – D.Sc. (Eng.), professor, head of the department of Track, construction machines and robotic systems of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, kovalskij@miit.ru.

**Fedasov, Dmitry S.** – Ph.D. student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, fedasovds@gmail.com.

**Chalova, Margarita Yu.** – Ph.D. (Eng.), associate professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, margarita\_chalova@mail.ru.

Article received 18.04.2016, accepted 17.07.2016.

