

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №2 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-2>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/88TVN216.pdf>

DOI: 10.15862/88TVN216 (<http://dx.doi.org/10.15862/88TVN216>)

Статья опубликована 27.04.2016.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Носенко А.С., Домницкий А.А. Моделирование работы клинового бункер - перегружателя в составе проходческого оборудования при строительстве автомобильных тоннелей // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №2 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/88TVN216.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/88TVN216

**УДК 622.619**

**Носенко Алексей Станиславович**

ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»  
Шахтинский институт  
Филиал в г. Шахты, Россия, Шахты<sup>1</sup>  
Профессор  
Заведующий кафедрой  
Доктор технических наук  
E-mail: [asnosenko@mail.ru](mailto:asnosenko@mail.ru)

**Домницкий Алексей Александрович**

ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»  
Шахтинский институт  
Филиал в г. Шахты, Россия, Шахты  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: [dom-a-a@mail.ru](mailto:dom-a-a@mail.ru)

**Моделирование работы клинового бункер - перегружателя  
в составе проходческого оборудования при строительстве  
автомобильных тоннелей**

**Аннотация.** Приведена классификация автомобильных тоннелей. Проанализированы средства транспорта, входящие в состав проходческих комплектов оборудования, обеспечивающие заданную производительность проходческого комбайна или погрузочной машины, требуемую скорость проведения выработки, а также соответствие поперечному сечению выработки. Приведена схема одного из перспективных вариантов клинового перегружателя с изменяемой геометрией транспортирующих элементов. Создание бункер - перегружателя для конкретных горнотехнических условий проходческого забоя предложено рассматривать как многопараметрическую оптимизацию основных конструктивных параметров. Сформулирована целевая функция и обоснована область допустимых значений искомых параметров бункер - перегружателя. В результате расчетов получены параметры проектируемого бункер - перегружателя по критерию достижения минимальной удельной энергоемкости. Приведен общий вид бункер - перегружателя, предлагаемого к использованию в комплекте проходческого оборудования при строительстве автомобильных тоннелей.

---

<sup>1</sup> 346500, Ростовская обл., г. Шахты, пл. Ленина, 1

Параметры и конструктивные размеры соответствуют значениям, полученных в результате расчетов

**Ключевые слова:** классификация тоннелей; проходческий комбайн; погрузочная машина; грузопоток; бункер-перегрузатель

При любой технологии строительства автомобильных тоннелей, происходят процессы разрушения массива, погрузка и транспортирование горной массы, крепление, другие вспомогательные операции. Различают несколько технологических схем [1]

- *непрерывную (поточную)*, при которой происходит совмещение во времени процессов отделения и транспортировки горной массы;
- *прерывную (циклическую)*, при которой основные процессы осуществляются в заданной последовательности.

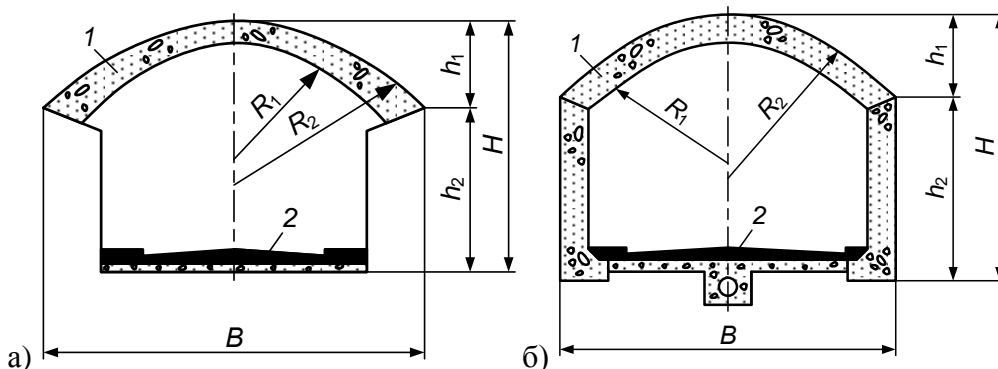
В первом случае, проведение выработки осуществляется проходческими щитами, комбайнами избирательного действия с использованием средств непрерывного транспорта. При циклической технологической схеме с разрушением горного массива буровзрывным способом, используются погрузочные, погрузочно-доставочные машины, а также автомобильный транспорт. Выбор технологических схем и проходческого оборудования в выработках, предназначенных для транспортных тоннелей, производят с учетом горно-геологических, производственно-технических и социально-экономических факторов.

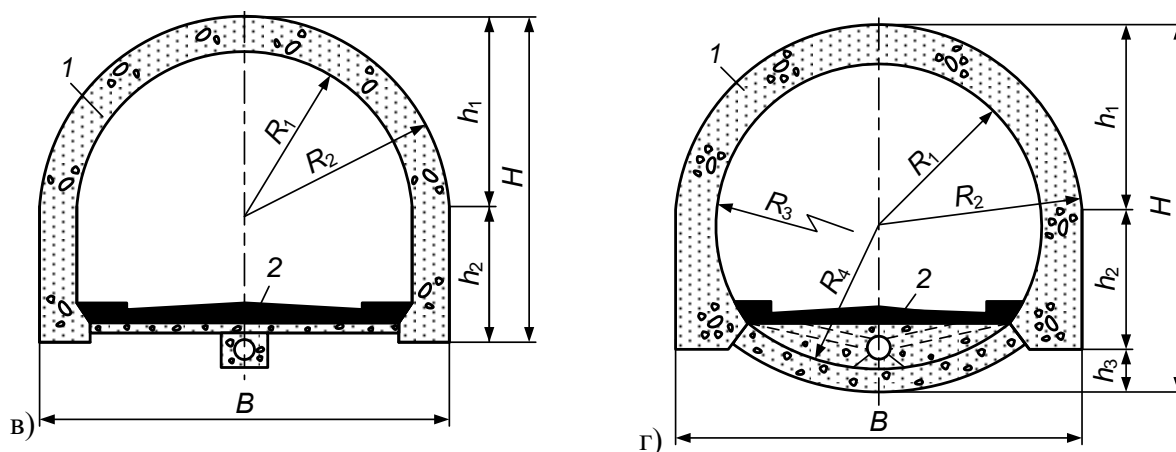
*К горно-геологическим относятся:* крепость вмещающих пород, угол наклона трассы, устойчивость боковых пород, обводненность и т.д.

*К производственно-техническим* – размеры выработки и форма ее поперечного сечения, скорость проведения.

*Социально-экономические факторы* включают в себя систему организации и оплаты труда, уровень квалификации и возрастной состав рабочих, а также распространение передового опыта.

Система классификации [2], в зависимости от места расположения, конструкции и ряда технических показателей, подразделяет тоннели по группам, классам, видам и т.д. Классификация подразделяет тоннели до уровня строительных, конструктивных и технических характеристик. Классификация предложена по конкретным признакам: тип – по месту нахождения относительно земной поверхности; класс – по сейсмостойкости места расположения; вид – по глубине прохождения; группу – по особенностям конструкции. Типоразмеры тоннелей определяют по основным значениям параметров: длине и габариту приближения по ширине. Тоннели подразделяют на длинные и короткие, малого сечения  $\leq 20 \text{ м}^2$ , среднего  $\leq 50 \text{ м}^2$ , большого  $\geq 50 \text{ м}^2$ .





**Рисунок 1.** Конструкции монолитных обделок сводчатого очертания

а) в виде пологого свода, опирающегося на породу; б) со сводом подъемистой формы, вертикальными и прямолинейными стенами и плоским лотком; в) в виде незамкнутой конструкции без обратного свода; г) со стенами криволинейного внутреннего очертания и обратным сводом;  $H$  – высота по оси тоннеля;  $h_1$  – высота свода;  $h_2$  – высота стен;  $h_3$  – высота обратного свода;  $B$  – ширина тоннеля;  $R_1$  – радиус свода внутренний;  $R_2$  – радиус свода внешний;  $R_3$  – радиус стен криволинейного внутреннего очертания;  $R_4$  – радиус обратного свода; 1 – монолитный бетон; 2 – проезжая часть (рис. А.С. Носенко, А.А. Домницкого, Р.В. Каргина, Е.А. Шемиуры)

Схема производства работ при проведении тоннелей большого сечения (сплошным или уступным забоем) также влияет на выбор погрузочно-транспортного оборудования. При проведении тоннелей площадью сечения 40-80 м<sup>2</sup> для погрузки породы используют ковшовые погрузчики на пневмоколесном ходу или экскаваторы, а для ее транспортирования – автосамосвалы.

При сооружении тоннелей горным способом применяют обделки сводчатого очертания, устраиваемые из набрызг-бетона, монолитного железобетона, из сборных элементов или комбинированные. Пример конструкции монолитных обделок сводчатого очертания приведен на рис. 1.

Настоящая статья рассматривает технологию с применением комбайнового и буровзрывного способов проведения выработок.

Транспортные средства, входящие в состав проходческих комплектов оборудования, должны обеспечивать заданную производительность проходческого комбайна или погрузочной машины, требуемую скорость проведения выработки, а также соответствовать поперечному сечению выработки.

При комбайновом способе широкое применение находит самоходный транспорт. Комплект проходческого оборудования состоит из комбайна избирательного действия типа 1ГПКС, КП21, КП200Т, бункера-перегрузателя с донным скребковым конвейером и самоходного вагона на пневмошинном ходу. Горная масса от комбайна аккумулируется в бункер-перегрузателе на период движения вагона к месту разгрузки и обратно.

При буровзрывном способе уборка взорванной горной массы осуществляется погрузочными машинами непрерывного действия, например ПНБЗД2М, ПНБ4, ковшовыми машинами, скреперами и автосамосвалами.

Рассмотрим закономерности формирования грузопотока при рассматриваемых технологиях проведения выработки.

Изменение грузопотока характеризуется *коэффициентом неравномерности*

$$k_n = (Q_{max} / Q_{cp}) \geq 1, \quad (1)$$

где:  $Q_{max}$  – максимальный грузопоток, т/мин.;  $Q_{cp}$  – усредненный грузопоток в течение смены, т/мин.

Для проходческого забоя грузопоток (т/мин.)

$$Q_{cp} = \frac{S_n \cdot L_n \cdot \gamma_m}{60 \cdot t_m}, \quad (2)$$

где:  $S_n$  – сечение выработки, м<sup>2</sup>;  $L_n$  – среднесменный темп проходки, м;  $\gamma_m$  – плотность горной массы, т/м<sup>3</sup>;  $t_m$  – машинное (чистое) время работы проходческой машины, ч.

Расчетный (теоретический) грузопоток  $Q_p$  (т/мин.), по которому определяют требуемую производительность транспортного средства

$$Q_p = \frac{Q_{cm} \cdot k_n}{t_m} = \frac{Q_{cm} \cdot k_n}{t_{cm} \cdot k_u}, \quad (3)$$

где:  $Q_{cm}$  – грузопоток в течении смены, т/см;  $t_m$  – время работы проходческой машины в течении смены, мин.;  $t_{cm}$  – длительность смены, мин.;  $k_u = t_m / t_{cm} < 1$  – коэффициент использования машины (коэффициент машинного времени).

Неравномерность грузопотока из проходческих забоев учитывается коэффициентом  $k_n = 2-4,5$ ; по магистральным выработкам  $k_n = 1,3-1,5$ , а коэффициент использования погрузочных и транспортных установок времени  $k_u = 0,3-0,7$  (данные по угольным шахтам).

Проведены производственные исследования и установлены закономерности формирования производительности проходческих машин при строительстве автомобильных тоннелей и разработке рудных месторождений, учитывающие взаимосвязь между производительностью исполнительного, погрузочного и транспортирующего органов [3]. Установлена зависимость коэффициента неравномерности грузопотока на выходе проходческих машин  $k_n$  от крепости погружаемого материала  $f$ , имеющая вид

$$k_n = 1 + 0,02 \cdot f, \quad (4)$$

Производительность выбираемой транспортной машины должна быть не меньше расчетного грузопотока в пределах 20%.

На практике, для сглаживания неравномерности грузопотоков применяют промежуточную бункеризацию погружаемой горной массы путем установки аккумулирующей емкости в транспортной линии. Такое техническое решение обеспечивает увеличение коэффициента использования проходческой машины, снижая простои по вине транспорта.

При использовании самоходного транспорта и перегружателей, аккумулирующая емкость может располагаться непосредственно на перегружателе (бункер-перегрузатель), являющемся связующим звеном между проходческой машиной и транспортным средством. Горная масса во время движения самоходного вагона или автомобиля накапливается в аккумулирующей емкости бункера-перегрузателя, вместимость (м<sup>3</sup>) которого

$$V_{\sigma} = \frac{k_{n.n} \cdot Q_{cp} \cdot t_{об}}{3600 \cdot \gamma}, \quad (5)$$

где:  $k_{н.н.} = 1,1-1,2$  – коэффициент неравномерности поступления транспорта под бункер-перегрузатель;  $t_{об}$  – время на обмен транспортными средствами, с.

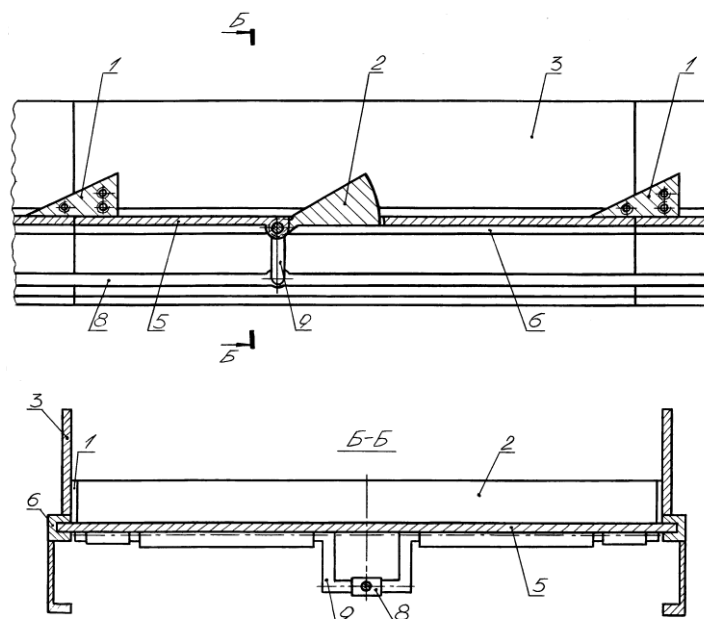
Известные проходческие перегружатели по типу тягового органа могут быть ленточными, скребковыми и пластинчатыми. Каждый из названных перегружателей имеет свои достоинства и недостатки. У ленточных перегружателей при транспортировке горной массой высокой крепости происходит интенсивный износ конвейерной ленты и опорных роликов. Скребковые перегружатели характеризуются большой металлоемкостью, износом тягового органа, заклиниванием приводных звезд, скребков и цепей. Элементы пластинчатого перегружателя меньше подвержены износу, но большая масса, высокая стоимость также ограничивает его применение.

С целью увеличения эффективности погрузки и транспортировки крупнокусковых сыпучих материалов, повышения надежности погрузочно-транспортных средств разработаны и испытаны перегружатели с возвратно-поступательным тягово-транспортирующим органом, клиновыми нагребными элементами и гидроприводом (клиновые перегружатели) [4], а также варианты технических решений с изменяемыми параметрами транспортирующих элементов [5]. Основные достоинства и конструктивные особенности клиновых перегружателей подробно приведены в указанных работах. В качестве примера, приведем один из перспективных, по мнению авторов, вариант клинового перегружателя с изменяемыми параметрами транспортирующих элементов (рис. 2).

Перегрузатель состоит из двух последовательных групп подпорных клиньев, размещенных таким образом, что клиновые элементы чередуются, при этом одна группа состоит из стопорных элементов, закрепленных по бортам перегружателя, а другая группа - из транспортирующих элементов, шарнирно соединенных с днищем перегружателя. Последнее установлено с возможностью осуществления возвратно-поступательного движения с приводом от силовых цилиндров.

При движении днища перегружателя в противоположном грузопотоку направлении, (в процессе внедрения), транспортирующие элементы занимают одноплоскостное положение с днищем перегружателя, уменьшая сопротивление движению до минимума. При изменении направления его движения (в процессе транспортирования) клиновые элементы движутся вместе с днищем в максимально выдвинутом по отношению к нему положении. Затем, цикл повторяется.

Отличительной особенностью данного технического решения является использование гидропривода как для осуществления возвратно-поступательного движения тягово-транспортирующего органа, так и для управления конструктивными параметрами транспортирующих элементов.



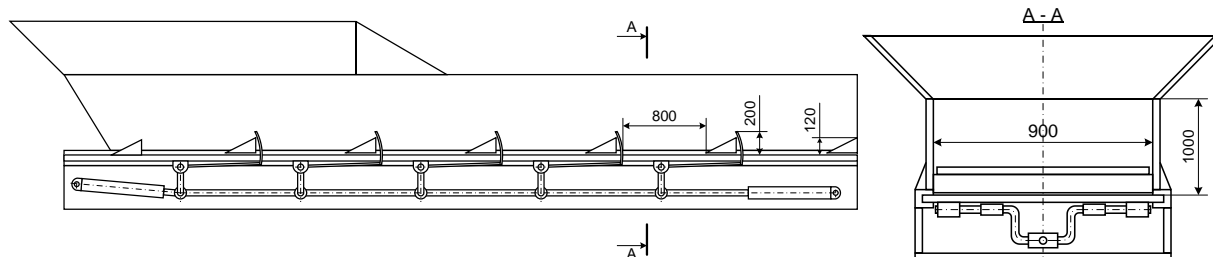
**Рисунок 3.** Перегрузатель с управлением клиновым транспортирующим элементом от силовых цилиндров. 1 – стопорные КПЭ; 2 – транспортирующие КПЭ; 3 – борта; 5 – днище; 6 – направляющие; 8 – тяги; 9 – коленчатый вал (рис. Р.В. Каргина, А.С. Носенко)

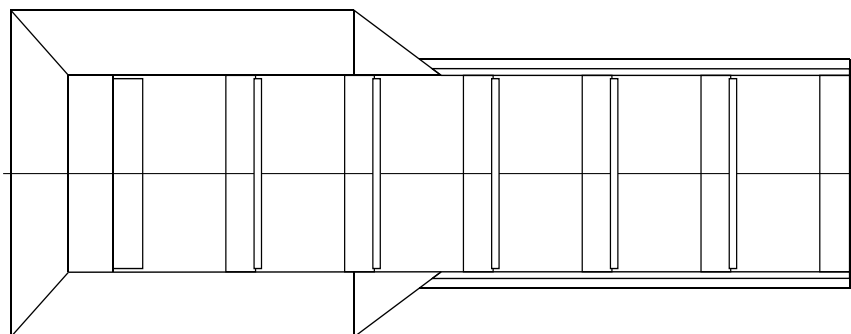
На рис. 3 приведен общий вид бункер - перегружателя, предлагаемого к использованию в комплекте проходческого оборудования при строительстве автомобильных тоннелей. Параметры и конструктивные размеры соответствуют расчетным значениям, полученных в результате расчетов, выполненных с использованием методики и программы, изложенной в работе [6].

Проведенные исследования [6] позволили сделать вывод, что в конкретных горно-технических условиях проходческого забоя, процесс проектирования и создания бункер-перегрузателя целесообразно производить многопараметрической оптимизацией основных конструктивных параметров:  $\beta_{ст}$ ,  $\beta'_{ст}$ ,  $R$ ,  $h_{ст}$ ,  $h_{тр}$ ,  $\Delta$ ,  $H$ ,  $L_n$ ,  $\beta_{пер}$ ,  $B_n$ ,  $V_{б}$ ,  $h_{б}$ ,  $B_{б}$ ,  $\beta_{б}$ , которые будут определять эксплуатационные свойства перегружателя, т.е.:

$$a_w l_n = f(\beta_{ст}, \beta'_{ст}, R, h_{ст}, h_{тр}, \Delta, H, L_n, \beta_{пер}, B_n, h_{б}, B_{б}, \beta_{б}) \Rightarrow \min \quad (6)$$

где:  $a_w l_n$  - удельная энергоёмкость транспортирования,  $\beta_{ст}$  и  $\beta'_{ст}$  - углы заострения и наклона задней стенки стопорных клиньев;  $R$  - форма транспортирующего элемента;  $h_{ст}$  и  $h_{тр}$  - высоты стопорных клиньев и транспортирующих элементов;  $\Delta$  - ход транспортирующего элемента;  $L_n$  - длина перегружателя;  $H$ ,  $B_n$ ,  $\beta_{пер}$  - высота, ширина перегружателя и угол его наклона по отношению к почве выработки;  $h_{б}$ ,  $B_{б}$ ,  $\beta_{б}$  - высота, ширина и угол наклона бортов бункера соответственно.





**Рисунок 3.** Общий вид клинового бункер-перегрузателя. (рис. авторов)

Применительно к перегружателю с изменяемыми параметрами транспортирующих элементов удельная энергоёмкость транспортирования  $a_w L_n$  определяется отношением средне арифметического значения работы  $A_{cp}$  к произведению объема груза на выходе перегружателя  $V_{cp}$  на его длину  $L_n$

$$a_w L_n = A_{cp} / (V_{cp} \cdot L_n). \tag{7}$$

Выполненные к настоящему времени экспериментальные исследования работы клиновых проходческих перегружателей при транспортировке крупнокусковой горной массы [7] позволили установить их рациональные параметры, такие как длина перегружателя  $L_n$ , угол его наклона  $\beta_{пер}$ , ширина перегружателя  $B$ , а также ход транспортирующего элемента  $\Delta$ . Поэтому, на данном этапе, удельную энергоёмкость будем рассматривать как функцию значений параметров клиновых транспортирующих и стопорных элементов при установленных ограничениях

$$a_w L_n = f(\beta_{cm}, h_{cm}, h_{mp}) \Rightarrow min. \tag{8}$$

Область допустимых искомым значений параметров бункер-перегрузателя приведена в таблице 1.

**Таблица 1**

**Область допустимых значений искомым параметров бункер-перегрузателя**

Параметр	Значения	
	min	max
Длина бункер-перегрузателя, м	≤ 20	
Наклон бункер-перегрузателя, град	0	
Ширина бункер-перегрузателя, м	≤ 1	
Ход приводного гидроцилиндра, м	≤ 1,2	
Угол наклона стопорного клинового элемента, град	7	35
Угол наклона задней стенки стопорного элемента, град	80	90
Высота задней стенки стопорного клинового элемента, м	0,1	0,3
Высота транспортирующего элемента, м	0,05	1,5

В результате расчетов получены параметры проектируемого бункер-перегрузателя по критерию достижения минимальной удельной энергоёмкости, в частности: высота стопорного элемента  $h_{cm} = 0,12$  м; высота транспортирующего элемента  $h_{mp} = 0,2$  м; угол наклона стопорного клинового элемента  $\beta_{cm} = 15^0$ ; ход приводного гидроцилиндра  $\Delta = 0,8$  м. При этом, прогнозное значение удельной энергоёмкости оказалось равным 35 кДж/м<sup>3</sup>·м. Для сравнения, аналогичный показатель для скребковых перегружателей при транспортировании крупнокусковой горной массы составляет 70 - 80 кДж/м<sup>3</sup>·м.

Полученные параметры легли в основу проектирования опытного образца бункер перегружателя, предназначенного для работы в сочетании с горнопроходческим комбайном КП21 и автосамосвалом МоАЗ-7405. В настоящее время ведутся работы по его изготовлению, а так же, проводятся исследования по расширению его функциональных возможностей за счет увеличения приемной способности бункера, совершенствования конструкции погрузочно-транспортных элементов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шахтное и подземное строительство: учебник для вузов: В 2-х т. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та. - (Высшее горное образование). Т. 2 / Б.А. Картозия, Б.И. Федунец, М.Н. Шуплик и др. - 2003 - 815 с.
2. А.С. Носенко, А.А. Домницкий, Е.А. Шемшура, Р.В. Каргин. К вопросу о выборе комплектов оборудования для строительства транспортных тоннелей комбайновым способом. Дороги и мосты: сборник / ФГУП «РОСДОРНИИ». – М.: РОСДОРНИИ, 2014. – Вып. 32/2. – С. 40-54.
3. А.С. Носенко, В.Г. Хазанович, Р.В. Каргин, А.А. Филоненко. Экспериментальные исследования формирования производительности шахтных проходческих машин / Горное оборудование и электромеханика. - 2010. - №1. - С. 19-22.
4. Р.В. Каргин, Г.Ш. Хазанович, А.С. Носенко. Перегружатели для крепких сыпучих материалов (монография). Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2005. – 141 с.
5. А.С. Носенко, В.Г. Хазанович, Р.В. Каргин, А.А. Филоненко. Средства призабойного транспорта для крепких сыпучих материалов / «Горное оборудование и электромеханика». - 2010. - №1. - С. 23-28.
6. А.С. Носенко, Р.В. Каргин, А.А. Филоненко. Моделирование работы перегружателей в составе комплектов проходческого оборудования для проведения горных выработок / Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения: ПХ Междунар. науч.-практ. конф., апрель 2010 г., сб. тр. / Воркута. - С. 354-359.
7. Хазанович Г.Ш., Каргин Р.В., Носенко А.С. Исследования проходческого перегружателя с изменяемой высотой транспортирующих элементов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2001. №11. С. 204-207.
8. А.С. Носенко, А.А. Домницкий, Р.В. Каргин, Е.А. Шемшура, В.В. Носенко. Применение модульной компоновки горнопроходческих машин при строительстве транспортных тоннелей / Инженерный вестник Дона [электронный ресурс]. – Электрон. научн. журн. / СКНЦ ВШ ЮФУ. – Ростов-на-Дону: СКНЦ, 2015. - №1 (часть 2). – Режим доступа <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2832>.
9. Р.В. Каргин, А.А. Домницкий, А.С. Носенко, Е.А. Шемшура. К вопросу о классификации тоннелей на автомобильных дорогах / Дороги и мосты: сборник / ФАУ «РОСДОРНИИ». – М.: РОСДОРНИИ, 2015. – Вып. 33. – С. 217-233.
10. А.С. Носенко, А.А. Домницкий, Е.А. Шемшура. Evaluation of Reliability and Technical Conditions of Tunneling Machines / Procedia Engineering. – 2015. - №129. – pp. 624-628. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581503965X>.



**Nocenko Alexej Stanislavovich**

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)  
Shakhty Institute  
Shakhty brunch, Russia, Shakhty  
E-mail: [asnosenko@mail.ru](mailto:asnosenko@mail.ru)

**Domnitskij Alexej Alexandrovich**

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)  
Shakhty Institute  
Shakhty brunch, Russia, Shakhty  
E-mail: [dom-a-a@mail.ru](mailto:dom-a-a@mail.ru)

## **Simulation of operation of the wedge hopper – reloader in the structure of the tunneling equipment during the construction of road tunnels**

**Abstract.** Shown the classification of road tunnels. Analyzed means of transport incoming in the structure of the tunnel sets of equipment that ensure the specified performance tunneling machine or loading machine, the desired speed of production, and according to the cross section of excavation. A diagram of one of the most promising options for hopper - reloader with variable geometry of the conveying elements. The creation of the bunker unit for the specific mining conditions of the tunnel invited to consider as multi-parameter optimization of the main design parameters. The formulated objective function and justifies the range of allowable values of the searched parameters of the hopper - reloader. In the result of calculations the obtained parameters of the designed hopper - reloader on the criterion of minimum specific energy. Shown the General view of the hopper unit, proposed for use in the kit of tunneling equipment during construction of road tunnels. The parameters and the constructive sizes correspond to the values obtained by calculations.

**Keywords:** classification of tunnels; continuous miner; loading machine the traffic; hopper – reloader

## REFERENCES

1. Mining and underground construction: a textbook for high schools: In 2 T. 3-e Izd., Rev. and extra - M.: Publishing house of the Moscow mining University. - (Higher mining education). T. 2 / B.A. Kartoza, B.I. Fedunets, M.N. Shoplik, etc. - 2003 - 815 S.
2. S. Nosenko, A.A. Danicki, E.A. Shemshura, R.V. Kargin. To the question about the choice of sets of equipment for construction of transport tunnels a combine. Roads and bridges: the collection / the «ROSDORNII». – M.: ROSDORNII, 2014. – edition 32/2. – S. 40-54.
3. S. Nosenko, V.G., Khazanovich, R.V. Kargin, A.A. Filonenko. Experimental study of formation of productivity of mining tunneling machines / Mining machinery and electromechanics. - 2010. - No. 1. - S. 19-22.
4. R.V. Kargin, G.S., Khazanovich, A.S. Nosenko. The strong loaders for bulk material (monography). Novocherkassk: SRSTU (NPI), 2005. – 141 s.
5. S. Nosenko, V.G., Khazanovich, R.V. Kargin, A.A. Filonenko. Means bottom for sturdy transport of bulk materials / «Mining machinery and electromechanics». - 2010. - №1. - S. 23-28.
6. Nosenko A.S., R.V. Kargin, A.A. Filonenko. The simulations of the cranes in the composition of the sets of tunnelling equipment for the mining / Mastering the far North mineral resources: problems and solutions: IIX Intern. scientific.-practical. Conf. April 2010, Tr. / Vorkuta.- P. 354-359.
7. Khazanovich, G.S., Kargin R.V., Nosenko A.S. Research tunneling material handler with variable height conveying elements // Mountain information-analytical Bulletin (scientific and technical journal). 2001. No. 11. P. 204-207.
8. S. Nosenko, A.A. Domnitskij, R.V. Kargin, A.E. Shemshura, V.V. Nosenko. The use of modular design, tunneling machines during the construction of transport tunnels. / Engineering journal of the don [electronic resource]. – Electron. sci. Phys. / SKNC VS SFU. – Rostov-on-don: sknc, 2015. - No. 1 (part 2). – Access mode <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2832>.
9. R.V. Kargin, A.A. Domnitskij, A.S. Nosenko, E.A. Shemshura. To the question on classification of tunnels on highways. / Roads and bridges: the collection / «ROSDORNII». – M.: ROSDORNII, 2015. – Vol. 33. – S. 217-233.
10. S. Nosenko, A. A. Domnitskij, E. A. Shemshura. Evaluation of Reliability and Technical Conditions of Tunneling Machines / Procedia Engineering. – 2015. - №129. – pp. 624-628 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581503965X>.