

Применение модульной компоновки горнопроходческих машин при строительстве транспортных тоннелей

А.С. Носенко¹, А.А. Домницкий², Р.В. Каргин¹, Е.А. Шемшура¹, В.В. Носенко¹

¹ Шахтинский институт (филиал) ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова

² Российский дорожный научно-исследовательский институт, г. Москва

Аннотация: Разработан межгосударственный стандарт, регламентирующий признаки и порядок классификации автодорожных тоннелей. С целью наиболее эффективного строительства классифицируемых объектов транспортной инфраструктуры поставлен ряд задач, основанных на установлении связей между техническими показателями тоннелей по сечению, горно-геологическим условиям и конструкциями горнопроходческой техники. В статье намечены пути их решения, необходимые для научно обоснованного подхода к разработке оптимальных технических решений горнопроходческого оборудования для строительства транспортных тоннелей. Одним из путей является разработка и практическая реализация методики модульной компоновки горнопроходческого оборудования. В основу которой заложен принцип применения сборочных единиц, которые серийно изготавливаются предприятием, выпускающим продукцию горного машиностроения. Рассмотрены варианты модульной компоновки погрузочных машин и перегружателей, выполненной на основе гидрофицированных узлов горнопроходческой техники. При разработке предложенных вариантов учитывался опыт эксплуатации оборудования на предприятиях отрасли, обладающего наиболее высокими показателями надежности. Основное преимущество горнопроходческих машин, созданных по принципу модульной компоновки, заключается в повышении уровня их эксплуатационных показателей. Кроме этого унификация сборочных единиц машин дает возможность оптимизировать номенклатуру выпускаемых деталей и узлов, повысить их взаимозаменяемость, уменьшить стоимость изготовления, а так же сократить количество запасных частей, необходимых при гарантийном сервисном обслуживании.

Ключевые слова: межгосударственный стандарт, классификация тоннелей, комплект горнопроходческого оборудования, погрузочная машина, проходческий комбайн, перегружатель, оптимальное техническое решение, сборочный узел, модульная компоновка, гидравлический привод, надежность, клиновые элементы.

В настоящее время, разработан межгосударственный стандарт, устанавливающий признаки и порядок классификации тоннелей на автомобильных дорогах общего пользования, типовые конструктивно-технологические решения, требования к строительным материалам и изделиям, устройствам и системам обеспечения безопасной эксплуатации [1].

Предложено различать тоннели по показателям общих характеристик, характеристик конструктивного исполнения и технических характеристик. В группу общих характеристик входят показатели: расположение по

отношению к рельефу земной поверхности; сейсмичность района строительства; глубина заложения; способ строительства; направление движения. В группу характеристик конструктивного исполнения входят показатели: количество ярусов и пролетов; форма поперечного сечения; вид обделки и въезда-выезда. В группу технических характеристик входят показатели: размеры поперечного сечения; длина; продольный профиль; профиль в плане; общее число полос; ширина полосы движения [1].

В зависимости от длины, тоннели разделяют на длинные и короткие. В зависимости от размеров поперечного сечения тоннели разделяют на тоннели малого сечения (до 20 м²), среднего (от 20 до 50 м²), большого (свыше 50 м²).

Проведенный анализ технологических схем строительства транспортных тоннелей с точки зрения дальнейшего установления связей их классификации по сечению и горно-геологическим условиям с конструкциями горнопроходческой техники, применяемыми при их строительстве, позволил сформулировать основные задачи дальнейших исследований [1].

1. Разработать инженерную методику выбора рациональных комплектов горнопроходческого оборудования на основе оптимизации технологических процессов с учетом особенностей, присущих горно-геологическим условиям возведения объекта.

2. Провести параметрическую оптимизацию горнопроходческого оборудования, принимаемого при строительстве транспортных тоннелей в соответствие с разработанной классификацией.

3. Разработать и внедрить методику модульной компоновки горнопроходческого оборудования с учетом максимальной эффективности его применения и эксплуатации при реализации процедур строительства транспортной инфраструктуры.

Использование современных методик выбора средств механизации

технологических процессов строительства позволяет определить наиболее эффективные взаимодействия типов и количества основного оборудования и машин, применение которых дает возможность сократить сроки строительства, увеличить производительности труда и, соответственно, уменьшить стоимости строительства [2, 3].

Методики, применяемые при проектировании систем горнопроходческих машин для буровзрывного способа проведения выработки, направлены на формирование паспорта горной выработки. Из всех возможных вариантов машин и оборудования выбор наилучшего осуществляется итеративно на основе предпочтений в конечных показателях.

Для поиска оптимального технического решения погрузочной машины в работе [4] данный подход использован в качестве входного параметра. Первоначально выбор пригодных к применению в заданных горнотехнических условиях комплектов горнопроходческого оборудования осуществляется по возможности их размещения в габаритах выработки. Далее на основании результатов математического моделирования, при котором в качестве целевой функции выбрана скорость проведения горной выработки, функцией ограничения – требуемая техническая производительность погрузочной машины, количество вариантов сокращается до минимального.

В работе [5] решение подобной задачи разбито на три этапа математического моделирования: первый – исследует процессы взаимодействия рабочего органа погрузочной машин с горной массой; второй – базируется на динамике гидропривода рабочих органов машины; третий – основан на прогнозировании надежности горнопроходческой машины с учетом законов распределения показателей надежности отдельных ее элементов. На каждом этапе формируются целевая функция и система

ограничений, решается задача структурной и(или) параметрической оптимизации.

Особенностью предлагаемой модульной компоновки горнопроходческого оборудования, является то, что она позволяет отказаться от решения двух первых оптимизационных задач. В основу модульной компоновки заложен принцип применения сборочных единиц, которые серийно изготавливаются производителем, таких как исполнительный и погрузочные органы, ходовая часть, различные виды перегружателей, приводная станция и других.

При выборе вариантов компоновки машин преимуществом пользуются модули с наиболее высокими показателями надежности, определенными для характерных условий эксплуатации с учетом сложившейся системы сервисного обеспечения.

Рассмотрим некоторые варианты модульной компоновки погрузочных машин и перегружателей, выполненной на основе гидрофицированных узлов горнопроходческой техники производства Открытого акционерного общества «Копейский машиностроительный завод» (далее ОАО «КМЗ») и оригинальных разработок Шахтинского института ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова.

На сегодняшний день, заводом освоено производство обширного модельного ряда горнопроходческой техники для различных областей применения и различной конструкции, основными представителями которого являются:

- погрузочные машины непрерывного (ПНБ, МПНБ) и периодического действия (МПК);
- проходческие комбайны различных серий: легкой (1ГПКС с модификациями), средней (КП21), тяжелой (КП200).

В таблице №1 представлены основные сборочные модули и их отличительные признаки горнопроходческих машин, выпускаемых ОАО «КМЗ».

Таблица № 1

Сборочные модули горнопроходческих машин ОАО «КМЗ»

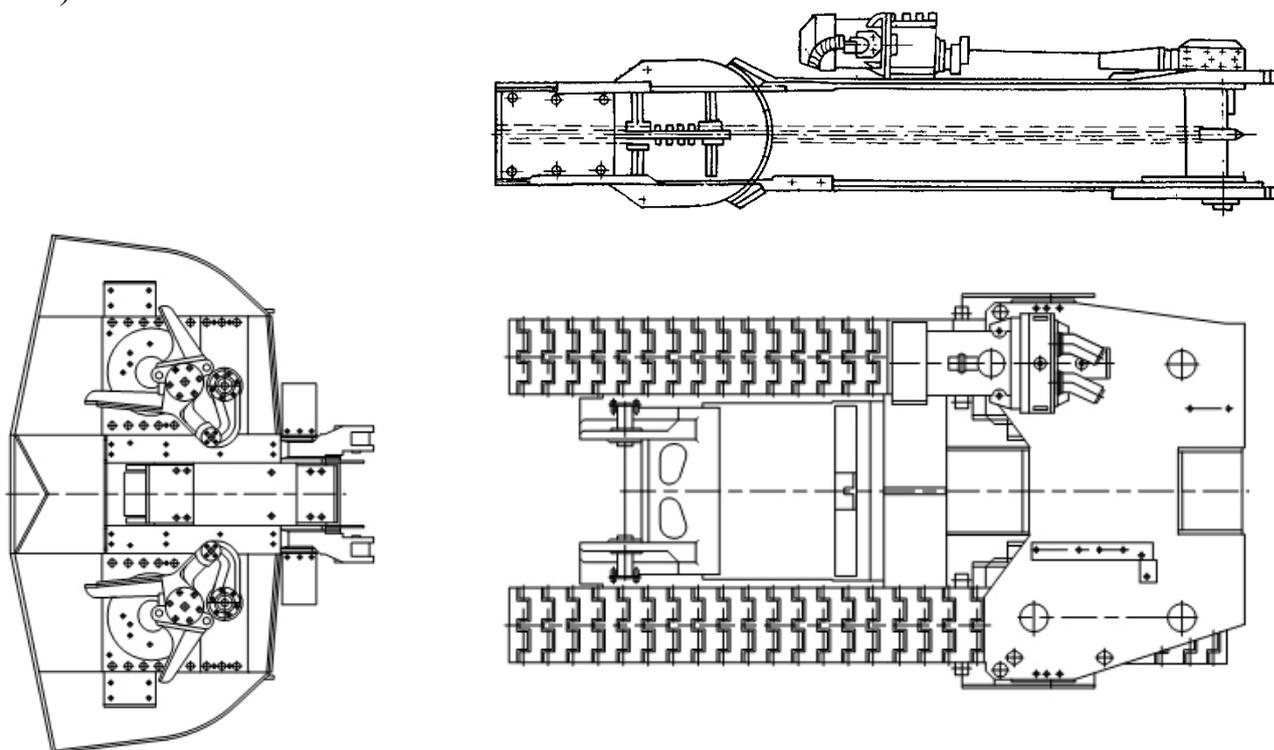
Марка машина	Тип привода / парный погрузочный элемент			
	погрузочный модуль	ходовой модуль	транспортирующий модуль	исполнительный модуль
2ПНБ2	электро-механический/ нагребающие лапы	электро-механический	электро-механический	-
МПНБ	электро-механический/ нагребающие лапы	гидравлический	электро-механический	-
МПК-3	гидравлический/ ковш	гидравлический	-	-
1ГПКС	электро-механический/ нагребающие лапы	электро-механический	электро-механический	электро-механический
1ГПКС-01	электро-механический/ нагребающие звезды	гидравлический	электро-механический	электро-механический
КП21	гидравлический/ нагребающие лапы	гидравлический	электро-механический	электро-механический
КП21-01	гидравлический/ нагребающие звезды	гидравлический	электро-механический	электро-механический
КП200	гидравлический/ нагребающие звезды	гидравлический	электро-механический	электро-механический

Примечание – Серым цветом отмечены модули горнопроходческих машин, которые могут быть приняты при компоновке в качестве сборочных единиц гидрофицированной погрузочной машины.

На рис. 1 изображен вариант гидрофицированной погрузочной машины полученный компоновкой на базе ходовой части комбайна

проходческого 1ГПКС, передаточного конвейера машины шахтной погрузочной МПНБ и погрузочного части комбайна проходческого КП21.

а)



б)

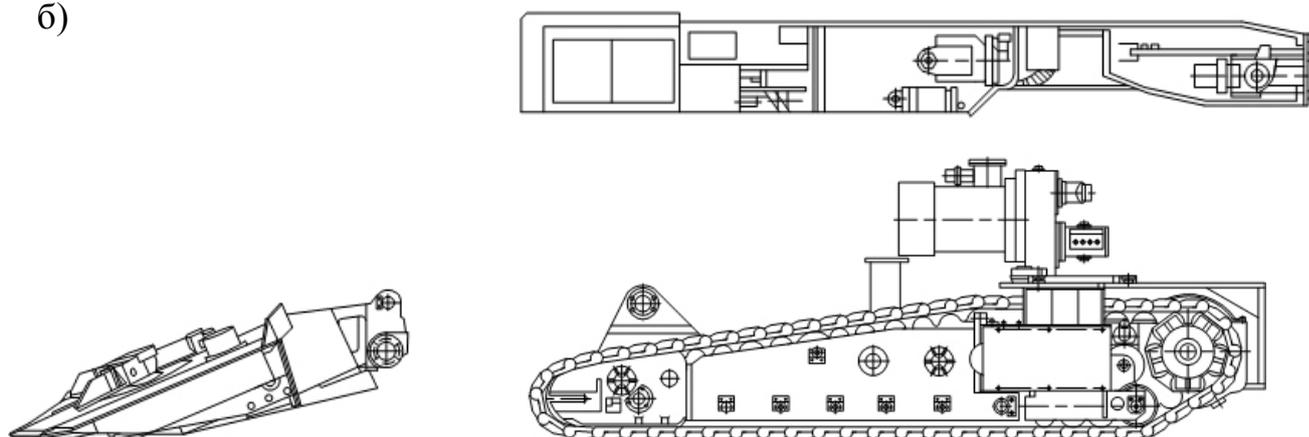


Рис. 1. – Компонентные модули погрузочной машины:

а) вид сверху; б) вид сбоку

Высокая эффективность процессов разрушения и погрузки крепких горных пород характерна для комбайнов КП21, эксплуатируемых Управляющей компанией «Гуковуголь». Необходимо отметить, что использование гидропривода для погрузочного органа комбайна КП21 и ходовой части комбайна 1ГПКС позволило повысить их надежность по сравнению с электромеханическим приводом этих частей. Этот факт так же подтверждается данными Шахтоуправления «Садкинское» об отсутствии отказов в ходовой части с гидравлическим приводом у трех применяемых комбайнов 1ГПКС-01.

Гидравлический привод погрузочного органа дает возможность установки одного двухступенчатого цилиндрического редуктора взамен двух конических редукторов с планетарными передачами, имеющими сложную и ненадежную конструкцию. Его конструктивное размещение на погрузочном органе с небольшим углом наклона относительно почвы выработки позволяет обеспечить глубину внедрения, соответствующую максимальной производительности при погрузке крупнокускового материала.

Это дает возможность использования вышеперечисленных частей проходческих комбайнов как унифицированных сборочных единиц для создания погрузочных машин более высокого технического уровня.

Основное преимущество горнопроходческих машин, созданных по принципу модульной компоновки, заключается в повышении уровня их эксплуатационных показателей, включая показатели надежности. Кроме этого унификация сборочных единиц машин дает возможность оптимизировать номенклатуру выпускаемых деталей и узлов, повысить их взаимозаменяемость, уменьшить стоимость изготовления, а так же сократить количество запасных частей, необходимых при гарантийном сервисном обслуживании [6].

Перспективным, по мнению авторов, будет применение, при строительстве транспортных тоннелей, гидрофицированной погрузочной машины с нагребными элементами клиновидной формы (парными лапами).

Экспериментальный образец машины МПНК (рис. 2), созданный с использованием модульной компоновки, предназначен для погрузки взорванной горной массы крепостью до 12 единиц по шкале профессора М.М. Протодяконова в вагонетки, на конвейер и другие транспортные средства. Основные технические данные приведены в таблице № 2.

Таблица № 2

Показатели технической характеристики машины МПНК

Наименование показателя	Значение
Производительность погрузки (техническая), м ³ /мин	2,5
Частота черпания лап, мин ⁻¹	20
Мощность привода, кВт	55
Максимальная скорость передвижения, м/с	0,8
Масса, т	12

Машина МПНК по принципу и технологии работы аналогична погрузочным машинам типа ПНБ (непрерывного действия с боковым захватом) и в основном сохраняет традиционную компоновку. Отличительными особенностями являются: гидропривод ходовой части и исполнительного органа; парные нагребные лапы клиновидной формы. Погрузочный орган, функцией которого является контакт со штабелем и формирование непрерывного грузопотока погружаемого материала на приемно-разгрузочный конвейер, представляет собой наклонный под углом 12° к почве выработки питатель, по которому перемещаются клиновидные нагребные лапы. Внутри корпусов лап расположены силовые гидроцилиндры, концы штоков которых шарнирно закреплены на плите питателя, чем обеспечивается одновременное выдвижение и поворот лап. Необходимая траектория движения лап задается кривошипом.

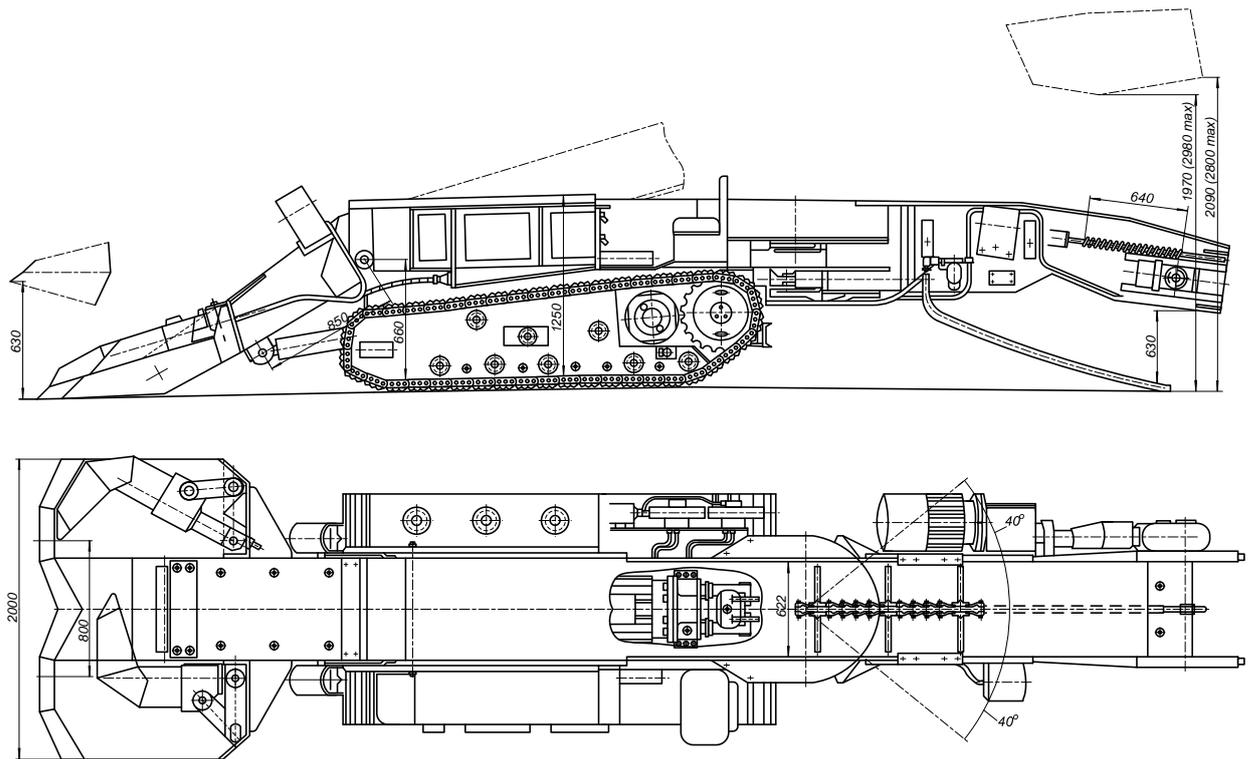


Рис. 2. – Общий вид погрузочной машины МПК

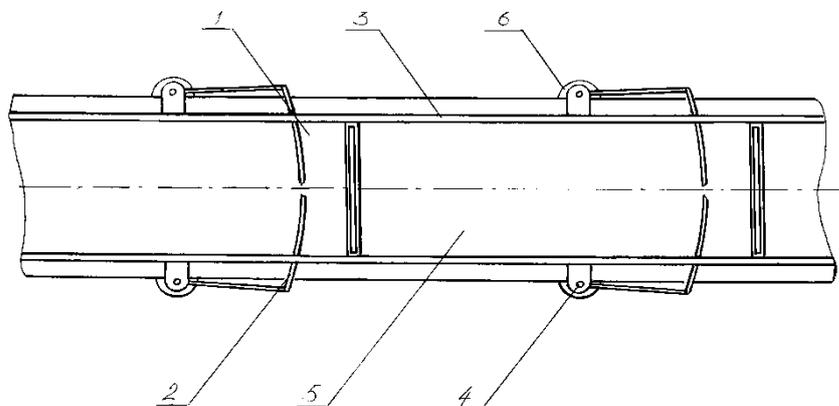
Внедрение гидропривода на погрузочных машинах осуществляется, как уже отмечалось, для рабочих органов, а также для ходовой и транспортирующей частей [7]. При отказе от скребковых перегружателей, как самостоятельных транспортных систем, так и при использовании их в качестве перегружателя погрузочных машин, предлагается использование клинового конвейера с гидроприводом поступательного действия [8, 9].

Приведем в качестве примера запатентованное техническое решение перегружателя с изменяемой геометрией транспортирующих и стопорных элементов (рис. 3).

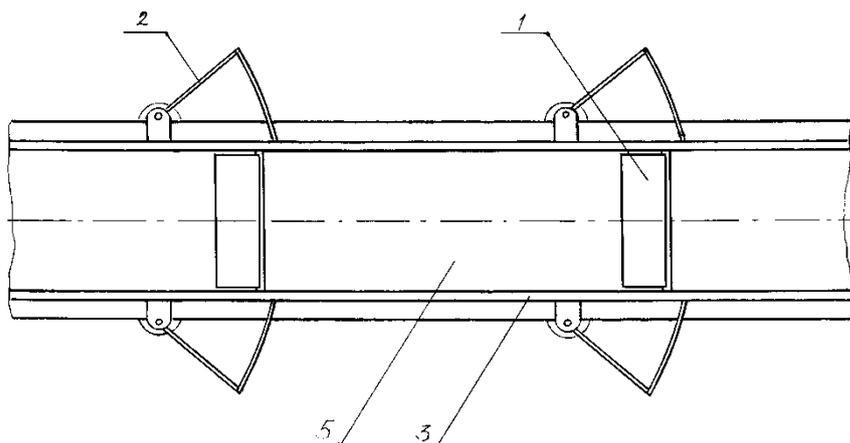
Конструктивно перегружатель состоит из подвижного днища, неподвижных бортов и двух групп транспортирующих элементов (далее ТЭ) – подвижных и неподвижных. Подвижные ТЭ шарнирно соединены с днищем и связаны тягами между собой и с приводом. Неподвижные ТЭ шарнирно соединены с бортами и изменяют свое положение за счет

соединения «шестерня – рубчатая рейка», при этом шестерня расположена на оси их вращения, а рейка – на днище перегружателя.

а)



б)



а) положение клиновых элементов при внедрении; б) положение клиновых элементов при транспортировании; 1 – подвижный транспортирующий элемент; 2 – неподвижный транспортирующий элемент; 3 – борт; 4 – ось; 5 – днище; 6 – шестерня

Рис. 3. – Перегрузатель с клиновыми элементами

В процессе внедрения (рис. 3, а) подвижные ТЭ располагаются ниже уровня днища, а неподвижные ТЭ задвинуты внутрь желоба, что препятствует перемещению материала в сторону обратного грузопотока.

В процессе транспортирования (рис. 3, б) подвижные ТЭ выдвинуты над уровнем днища на максимальную высоту, а неподвижные ТЭ выдвинуты за уровень желоба. Такое взаимное положение ТЭ обеспечивает беспрепятственное перемещение материала в сторону полезного грузопотока.

Предложенные конструкции горнопроходческих машин могут быть использованы для механизации процессов строительства тоннелей по буровзрывной и комбайновой технологии.

Таким образом, разработка научно обоснованных процедур выбора комплектов горнопроходческого оборудования для строительства транспортных тоннелей на основании имеющегося опыта создания машин нового технического уровня и введенных нормативных документов, регламентирующих требования к объекту строительства, гармонизированных с европейскими нормами [10, 11], позволит на высоком профессиональном уровне решать ряд задач, стоящие перед транспортной системой страны в области тоннелестроения на автомобильных дорогах общего пользования.

Литература

1. Носенко А.С., Домницкий А.А., Каргин Р.В., Шемшура Е.А. К вопросу о выборе комплектов оборудования для строительства транспортных тоннелей комбайновым способом // Дороги и мосты: сб. науч. тр. / ФГБУ «Росдорнии». М., 2014. № 32/2. С. 40-54.
2. Носенко А.С., Хазанович В.Г., Носенко В.В., Шемшура Е.А. Выбор комплектов оборудования для проведения подготовительных выработок на основании фактических показателей надежности // Горное оборудование и электромеханика. 2009. №7. С. 8-11.
3. Ключникова О.В., Шаповалова А.Г., Цыбульская А.А. Основные принципы выбора типа и количества строительных машин для комплексного



производства работ // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2064.

4. Хазанович Г.Ш., Ляшенко Ю.М., Носенко А.С., Остановский А.А., Никитин Е.В. Разработка гидрофицированных погрузочных и транспортных модулей горнопроходческих машин. // Научно-технические проблемы строительства вертикальных стволов, околоствольных дворов, горизонтальных и наклонных выработок: сб. науч. тр. / АО «Ростовшахтострой», Новочерк. гос. техн. ун-т. Новочеркасск: НГТУ, 1998. С. 159-164.

5. Носенко А.С. Рабочие процессы, параметры и эффективность шахтных погрузочных машин с гидравлическими приводами: дис. ... д-р техн. наук: 05.05.06. Новочеркасск, 2000. 279 с.

6. Шемшура Е.А. Пути оптимизации системы эксплуатации горнопроходческого оборудования // Инженерный вестник Дона, 2013. № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2001.

7. Носенко А.С., Каргин Р.В., Хазанович В.Г., Носенко В.В. Разработка гидрофицированных модулей погрузочно-транспортных систем. // Горное оборудование и электромеханика. 2009. № 4. С. 13-16.

8. Патент № 2108954 РФ, МКИ В65G25/08. Конвейер для транспортирования сыпучих и кусковых материалов / Г.Ш. Хазанович, А.С. Носенко, Ю.М. Ляшенко, Р.В. Каргин. - Заявл. 31.01.96; Опубл. 20.04.98; Бюл. №11.

9. 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.

10. Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European



Road Network URL: bmvit.gv.at/verkehr/strasse/tunnel/downloads/EURL_200454EGvom762004en.pdf.

11. Agreement on Main International Traffic Arteries (AGR) ECE/TRANS/SC.1/384 14 March 2008. URL: unece.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/ECE-TRANS-SC1-384e.pdf.

References

1. Nosenko A.S., Domnickij A.A., Kargin R.V., Shemshura E.A. Dorogi i mosty: trudy FGBU «Rosdornii». Moscow, 2014. № 32/2. Pp. 40-54.
2. Nosenko A.S., Hazanovich V.G., Nosenko V.V., Shemshura E.A. Mining Equipment and Electromechanics. 2009. №7. Pp. 8-11.
3. Kljuchnikova O.V., Shapovalova A.G., Cybul'skaja A.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2064.
4. Hazanovich G.Sh., Ljashenko Ju.M., Nosenko A.S., Ostanovskij A.A., Nikitin E.V. Nauchno-tehnicheskie problemy stroitel'stva vertikal'nyh stvolov, okolostvol'nyh dvorov, gorizontal'nyh i naklonnyh vyrabotok: trudy. Novoчеркассk: NGTU, 1998. Pp. 159-164.
5. Nosenko A.S. Rabochie processy, parametry i jeffektivnost' shahtnyh pogruzochnyh mashin s gidravlichesкими privodami [Work process, parameters and efficiency underground loading machines with hydraulic drive]: dis. ... d-r tehn. nauk: 05.05.06. Novoчеркассk, 2000. 279 p.
6. Shemshura E.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013. № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2001.
7. Nosenko A.S., Kargin R.V., Hazanovich V.G., Nosenko V.V. Mining Equipment and Electromechanics. 2009. № 4. Pp. 13-16.
8. Patent № 2108954 RF, MKI V65G25/08. Konvejer dlja transportirovanija sypuchih i kuskovyh materialov [Conveyor for transporting particulate and lump



materials]. G.Sh. Hazanovich, A.S. Nosenko, Ju.M. Ljashenko, R.V. Kargin - Zajavl.31.01.96; Opubl.20.04.98; Bjul. №11.

9. Hazanovich G.Sh., Kargin R.V., Nosenko A.S. Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2001. № 11. Pp. 204-207.

10. Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network URL: bmvit.gv.at/verkehr/strasse/tunnel/downloads/EURL_200454EGvom762004en.pdf.

11. Agreement on Main International Traffic Arteries (AGR) ECE/TRANS/SC.1/384 14 March 2008. URL: unece.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/ECE-TRANS-SC1-384e.pdf.