УДК 622.6 (571.52)

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-1-146-149

© С.-С. Ш. Саая, преподаватель
© Ч. Д. Шавыраа, канд. техн. наук, зав. кафедрой
© О. О. Куулар, ст. преподаватель
(Тувинский государственный университет)
E-mail: sai-suu2014@yandex.ru, Shavyraa@mail.ru,
mongysh1@rambler.ru

© S.-S. Sh. Saaya, teacher
© Ch. D. Shavyraa, PhD in Sci. Tech.
© O. O. Kuular, senior teacher
(Tuvan State University)
E-mail: sai-suu2014@yandex.ru, Shavyraa@mail.ru,
mongysh1@rambler.ru

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОСАМОСВАЛОВ ТУВИНСКОЙ ГОРНОРУДНОЙ КОМПАНИИ

ANALYSIS OF DUMP TRUCKS' PERFORMANCE AT THE TUVA MINING COMPANY

Представлены результаты исследований, посвященных выбору вида транспорта на Каа-Хемском участке Тувинской горнорудной компании в программе Project1. Проведен сравнительный анализ автосамосвалов БелАЗ-7540D и БелАЗ-7555А.

Ключевые слова: разрез, экскаватор, производительность, грузоподъемность.

The paper presents the results of the study devoted to selecting of the transport type on the Kaa-Hemsky open-pit mine of the Tuva mining company in the Project 1 program. A comparative analysis of dump trucks the BelAZ-7540D and the BelAZ-7555A performance is made.

Keywords: open-pit mine, excavator, productivity, loading capacity.

Автомобильный транспорт используют на карьерах с небольшой годовой производительностью (до 10 млн т) при расстояниях транспортирования от 1 до 3 км. По сравнению с железнодорожным транспортом он обладает большой гибкостью и маневренностью, отсутствием необходимости в рельсовых путях и контактной сети, менее жесткими требованиями к плану и профилю автомобильных дорог (допускаемый радиус кривых составляет 12–15 м, подъем 8–100 ‰). Обеспечивает уменьшение объема горно-капитальных работ.

Использование конвейерного транспорта нецелесообразно из-за высокой абразивности транспортируемых пород, что приводит к быстрому износу ленты, кроме того, большой перепад годовой температуры (от –40,5 °С до +36 °С) и резко континентальный климат неблагоприятно влияют на качество ленты.

Горно-транспортные работы по добыче угля в 2015 году на Каа-Хемском разрезе осуществлялись с помощью экскаваторного парка, состоящего из двух экскаваторов, пяти автосамосвалов марки БелАЗ, одного бульдозера и одного бу-

рового станка. Угольный пласт отрабатывается экскаваторами ЭКГ-5А с погрузкой в углевозы БелАЗ-7548 грузоподъемностью 40 т для формирования угольного склада на поверхности. Расстояние транспортировки угля на склад составляет в среднем 2,5 км, преодолеваемые подъемы (спуски) до 87 ‰ [1].

В настоящее время одной из основных проблем на Каа-Хемском разрезе являются изношенные автосамосвалы (до 100 %).

Модель автосамосвала выбирается на основе рационального сочетания емкости ковша экскаватора и грузоподъемности автосамосвала [2]. Таким образом, при использовании на добыче экскаваторов ЭКГ-5А для транспортирования угля от забоев приняты для сравнения два вида автосамосвалов: 1) БелАЗ-7540D грузоподъемностью 30 т и 2) БелАЗ-7555А грузоподъемностью 55 т. Для расчетов использовалась программа Project1.

Сравнительный расчет БелАЗ-7540D и БелАЗ-7555А состоял из этапов, представленных на рисунках:

1. Создание проекта (рис. 1).

2. Ввод задач проекта (рис. 2, 8).
3. Ввод ресурсов проекта (рис. 3, 9).
4. Редактирование сведений о ресурсах (рис. 4, 10).
5. Назначение ресурсов к задачам (рис. 5, 11).
6. Сортировка данных (рис. 6).

7. Итоги расчета проекта (рис. 7).
- По выданным программой критериям сравниваем варианты подвижного состава с использованием БелАЗ-7540D и БелАЗ-7555А (таблица).

Горно-технические условия | Типы э-ра и а/с | Экономические показатели | Параметры расчетной трассы | Тагово-динамическая характеристика

Годовая производительность, т: 650000
 Насытная плотность породы, т/м³: 1,3
 Коэффициент экскавации: 0,941
 Коэффициент неравномерности работы карьера: 1,1
 Коэффициент технической готовности экскаватора: 0,8
 Время замены автосамосвала у экскаватора, мин: Смена звезда: петлевая 0,39
 Расстояние транспортирования груза, м: 2340
 Продолжительность смены, ч: 12
 Число рабочих дней в году: 355
 Количество смен в сутки: 2
 Время, затрачиваемое на плановые ремонты погрузочно-транспортного оборудования в течение года, ч: 1000
 Время простоя погрузочно-транспортного оборудования по климатическим условиям в течение года, ч: 600
 Время приема-отдачи смены в течение года, ч: 240
 Время подготовки и выгрузки в течение года, ч: 480

Горизонт расчета: 2
 Текущий год: 1

Далее

Рис. 1. Создание проекта БелАЗ-7540D

Горно-технические условия | Типы э-ра и а/с | Экономические показатели | Параметры расчетной трассы | Тагово-динамическая характеристика

Задать число участков: 9

Грузовое направление

№	Длина, м	Уд. осн. сопр-ние движению, м/т	Уклон, %	Радиус кривой, м	Коэффициент сцепления
1	50	500	0		0,6
2	290	250	87	20	0,75
3	240	250	41	50	0,75
4	160	250	35		0,75

Скорость ветра: 36 км/ч

Порожньюе направление

№	Длина, м	Уд. осн. сопр-ние движению, м/т	Уклон, %	Радиус кривой, м	Коэффициент сцепления
5	50	250	0		0,4
6	890	250	22	30	0,75
7	150	250	65		0,75
8	390	250	40		0,75

Скорость ветра: 36 км/ч

Примечание: Скорость ветра ставится со знаком "+" при встречном ветре и знаком "-" при попутном. Величина уклона ставится со знаком "+" при подъеме и знаком "-" при спуске.

Далее

Рис. 4. Редактирование сведений о ресурсах

Горно-технические условия | Типы э-ра и а/с | Экономические показатели | Параметры расчетной трассы | Тагово-динамическая характеристика

Автосамосвал: БелАЗ-7540D | Экскаватор: ЭКГ-5А

Параметры	Значение	Параметры	Значение
Грузоподъемность, т	30	Вместимость ковша, куб. м	5
Собственная масса, т	22,5	Подоплотительность шипа, мм	0,38
Коэффициент тары	0,75		
Мощность первичного двигателя, кВт	290		
Сетевая масса, т	35,2		
Максимальная скорость, км/ч	50		
Площадь лобовой поверхности, кв. м	17,5		
Длина, м	7,1		
Ширина, м	4,4		
Высота, м	3,9		
Тип трансмиссии	Гидромеханическая (5-2)		
Колесная формула	4x2		

Горизонт расчета: 2
 Текущий год: 1

Далее

Рис. 2. Ввод задач проекта БелАЗ-7540D

Параметры расчетной трассы | Тагово-динамическая характеристика а/с | Критерии эффективности

Критерии эффективности вскрышного участка (БелАЗ-7540D, ЭКГ-5А)

Годовая производительность, т: 650000
 Расстояние транспортирования, м: 2340
 Насытная плотность породы, т/м³: 1,30
 Удельные эксплуатационные затраты по вскрышному участку, руб/м³: 3,62
 Эксплуатационная производительность автосамосвала, т/год: 710209,39
 Удельный расход топлива на единицу транспортной работы, л/т·км: 0,03
 Себестоимость транспортирования, руб/т: 1,04
 Себестоимость погрузки, руб/т: 2,57
 Удельные капитальные затраты по вскрышному участку, руб/м³: 65,66
 Инвентарный парк экскаваторов: 2
 Инвентарный парк автосамосвалов: 3

Критерии эффективности по ЗАК в целом
 Результаты расчетов
 Расчет добычного участка

Горизонт расчета: 2
 Текущий год: 1

Рассчитать другой ЗАК

Рис. 5. Назначение ресурсов к задачам проекта БелАЗ-7540D

Горно-технические условия | Типы э-ра и а/с | Экономические показатели | Параметры расчетной трассы | Тагово-динамическая характеристика

Стоимость одного экскаватора, руб: 11290000
 Стоимость одного автосамосвала, руб: 6700000
 Зарплата мастера машиниста экскаватора, руб: 30000
 Зарплата водителя автосамосвала, руб: 25000
 Переменные эксплуатационные расходы на 1 календарный час работы экскаватора, руб: 6,04
 Переменные эксплуатационные расходы на 1 машинно-час работы автосамосвала, руб: 10,14
 Амортизационные отчисления, руб/1000 км пробега автосамосвала: 910
 Расходы на ТО и ремонт а/с, шасси и ГСМ, руб/1000 км пробега автосамосвала: 116,3
 Коэффициент использования годового фонда рабочего времени экскаватора: 0,8
 Коэффициент использования времени смены автосамосвала: 0,8
 Годовая смена амортизационных отчислений, руб: 10
 Норма дисконта: 5

Горизонт расчета: 2
 Текущий год: 1

Далее

Рис. 3. Ввод ресурсов проекта БелАЗ-7540D

Типы э-ра и а/с | Экономические показатели | Параметры расчетной трассы | Тагово-динамическая характеристика а/с | Критерии эффективности

Грузовое направление

№	Динамический фактор, м/т	Скорость, км/ч	Сила тяги (торм. сила), кН
1	1532	10	113
2	1229	13	85
3	959	14	77
4	630	23	60
5	759	20	63
6	149	38	55

Порожньюе направление

№	Динамический фактор, м/т	Скорость, км/ч	Сила тяги (торм. сила), кН
7	2992	5	66
8	721	20	17
9	608	25	15
6	750	22	19
5	318	40	16
4	83	40	16

Горизонт расчета: 2
 Текущий год: 1

Далее

Рис. 6. Сортировка данных проекта БелАЗ-7540D

Параметры по вскрышному участку		Параметры по добычному участку	
Техническая производительность экскаватора, т/ч	801,29		
Рабочий парк экскаваторов	1,00		
Расчетный расход топлива автосамосвала, кг	3,00		
Фактический расход топлива автосамосвала, кг	3,60		
Расход масла автосамосвала, кг	0,18		
Расход смазочных материалов автосамосвала, кг	0,05		
Время рейса автосамосвала, мин	18,25		
Время погрузки автосамосвала, мин	2,11		
Время движения автосамосвала в грузовом направлении	6,30		
Время движения автосамосвала в порожняковом направлении	5,75		
Сменная техническая производительность, т	1011,56		
Сменный грузооборот карьера, т	1007,04		
Рабочий парк автосамосвалов	2,00		
Пропускная способность (автомобилей в час)	973,07		
Средняя скорость движения автосамосвала с грузом, км/ч	23,11		
Средняя скорость движения автосамосвала без груза, км/ч	28,22		
Среднетехническая скорость движения, км/ч	25,41		
Провозная способность, т/ч	15662,52		
Годовая производительность, т	650000		
Расстояние транспортирования, м	2340		
Насыпная плотность породы, т/м³	1,30		
Инвентарный парк экскаваторов	2		
Инвентарный парк автосамосвалов	3		

Варианты: Вариант N-1 Сохранить Итоговая таблица Закрыть

Рис. 7. Итоги расчета проекта с использованием БелАЗ-7540D

Параметры		Параметры	
Грузоподъемность, т	55	Высотность кузова, куб. м	5
Собственная масса, т	40,5	Продолжительность цикла, мин	0,38
Коэффициент тары	0,74		
Мощность первичного двигателя, кВт	537		
Специальная масса, т	64		
Максимальная скорость, км/ч	55		
Площадь лобовой поверхности, кв. м	22,9		
Длина, м	8,9		
Ширина, м	5,3		
Высота, м	4,3		
Тип трансмиссии	Гидромеханическая (8+1)		
Колесная формула	4x2		

Автосамосвал: БелАЗ-7555А Экскаватор: ЭКГ-5А Горизонт расчета: 2 Текущий год: 1 Далее

Рис. 8. Ввод задач проекта БелАЗ-7555А

Принят автосамосвал марки БелАЗ-7555А ввиду его наименьших относительных затрат [3].

Вспомогательное оборудование

В летнее и зимнее время автодороги и прилегающие к ним участки обслуживает автогрейдер ДЗ-98.

На Каа-Хемском разрезе используются три типа погрузчиков на пневмоколесном ходу:

Экономические показатели	
Стоимость одного экскаватора, руб.	11290000
Стоимость одного автосамосвала, руб.	10000000
Зарплата машиниста экскаватора, руб.	30000
Зарплата водителя автосамосвала, руб.	25000
Переменные эксплуатационные расходы на 1 календарный час работы экскаватора, руб.	6,04
Переменные эксплуатационные расходы на 1 машино-час работы экскаватора, руб.	10,14
Амортизационные отчисления, руб./1000 км пробега автосамосвала	910
Расходы на ТО и ремонт а/с, шин и ГМ, руб./1000 км пробега автосамосвала	116,3
Коэффициент использования годового фонда рабочего времени экскаватора	0,8
Коэффициент использования времени смены автосамосвала	0,8
Годовая сумма амортизационных отчислений, руб.	10
Норма дисконта	5

Горизонт расчета: 2 Текущий год: 1 Далее

Рис. 9. Ввод ресурсов проекта БелАЗ-7555А

Грузовое направление		
N	Динамический фактор, кН	Сила тяги (торм. сила), кН
1	1618	195
2	1221	142
3	965	126
4	832	96
5	756	102
6	143	75

Порожняковое направление		
N	Динамический фактор, кН	Сила тяги (торм. сила), кН
9	2092	119
8	721	30
7	843	27
6	736	31
5	-318	31
4	-93	31

Горизонт расчета: 2 Текущий год: 1 Далее

Рис. 10. Назначение ресурсов к задачам

Критерии эффективности вскрышного участка (БелАЗ-7555А, ЭКГ-5А)	
Годовая производительность, т	650000
Расстояние транспортирования, м	2340
Насыпная плотность породы, т/м³	1,30
Удельные эксплуатационные затраты по вскрышному участку, руб/т	3,60
Эксплуатационная производительность автосамосвала, т/год	1112659,42
Удельный расход топлива на единицу транспортной работы, л/т*км	0,03
Себестоимость транспортирования, руб/т	1,03
Себестоимость погрузки, руб/т	2,57
Удельные капитальные затраты по вскрышному участку, руб/т	65,51
Инвентарный парк экскаваторов	2
Инвентарный парк автосамосвалов	2

Критерии эффективности по ЗАК в целом

Результаты расчетов

Расчет добычного участка

Горизонт расчета: 2 Текущий год: 1 Рассчитать другой ЗАК

Рис. 11. Сортировка данных проекта БелАЗ-7555А

Komatsu HL-770, Komatsu HL-780 и Л-34. КамАЗ марки 53111 используется для внутреннего и внешнего транспортирования материалов и грузов.

При ремонтно-монтажных работах и установке ЛЭП используются автокраны на базе «Урала»

Параметры по вскрышному участку	Параметры по добычному участку
Техническая производительность экскаватора, т/ч	866,91
Рабочий парк экскаваторов	1,00
Расчетный расход топлива автосамосвала, кг	5,39
Фактический расход топлива автосамосвала, кг	6,47
Расход масла автосамосвала, кг	0,32
Расход смазочных материалов автосамосвала, кг	0,10
Время рейса автосамосвала, мин	20,89
Время погрузки автосамосвала, мин	3,80
Время движения автосамосвала в грузовом направлении	6,37
Время движения автосамосвала в порожняковом направлении	6,53
Сменная техническая производительность, т	1567,13
Сменный грузооборот карьера, т	1007,04
Рабочий парк автосамосвалов	1,00
Пропускная способность (автомобилей в час)	900,87
Средняя скорость движения автосамосвала с грузом, км/ч	24,67
Средняя скорость движения автосамосвала без груза, км/ч	26,33
Среднетехническая скорость движения, км/ч	25,47
Провозная способность, т/ч	26100,92
Годовая производительность, т	650000
Расстояние транспортирования, м	2340
Насыпная плотность породы, т/м ³	1,30
Инвентарный парк экскаваторов	2
Инвентарный парк автосамосвалов	2

Рис. 12. Итоги расчета проекта с использованием БелАЗ-7555А

«Ивановец» грузоподъемностью 25 т, для более тяжелого и негабаритного груза применяется «Ивановец» грузоподъемностью 50 т.

В настоящее время отвальные работы ведутся на отвале № 1 (обслуживаются бульдозером Komatsu Д-275А) и на отвале № 3 (бульдозер Komatsu Д-275А).

От здания административно-бытового комбината до северного участка горных работ расстояние составляет 3,3 км (плечо откатки экскаватора от забоя до отвала № 1 — 0,8 км, до отвала № 2 — 1,2 км).

Транспортировка угля на склад на расстояние в среднем 2,5 км производится автосамосвалами марки БелАЗ-7555 грузоподъемностью 55 т.

Библиографический список

1. Куулар О. О., Саая С-С. III. Разработка конструкции рабочего оборудования гидравлического экскаватора ЭГ-110 на территории Республики Тыва //

Сравнение вариантов подвижного состава с использованием БелАЗ-7540D и БелАЗ-7555А

№ п/п	Критерии сравнения	БелАЗ-7540D	БелАЗ-7555А
1	Удельные эксплуатационные затраты, руб./т	3,62	3,60
2	Эксплуатационная производительность, т/год	718 209,4	1 112 659,4
3	Удельный расход топлива, л/(т · км)	0,03	0,03
4	Себестоимость транспортирования, руб./т	1,04	1,03
5	Удельные капитальные затраты, руб./т	65,66	65,51
6	Инвентарный парк, шт.	3	2

Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития. 2016. С. 166–167.

2. Подэрни Р. Ю. Механическое оборудование карьеров: учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М.: МГТУ, 2007. 680 с.

3. Трубецкой К. Н., Потапов М. Г., Виницкий К. Е., Мельников Н. Н. и др. Открытые горные работы: справочник. М.: Горное бюро, 1994. 590 с.

References

1. Kuular O. O., Saaya S-S. Sh. *Razrabotka konstruksii rabocheho oborudovaniya gidravlicheskogo ehkskavatora EhG-110 na territorii Respubliki Tyva* [Development of the design of the EG-110 hydraulic excavator working equipment in the territory of the Republic of Tuva]. *Gorno-metallurgicheskii kompleks: dostizheniya, problemy i perspektivy innovatsionnogo razvitiya* [Mining and metallurgical complex: achievements, problems and prospects of innovative development]. 2016, pp. 166–167.

2. Podehrni R. Yu. *Mekhanicheskoe oborudovanie kar'rov. Uchebnik dlya vuzov* [Mechanical equipment used at open-cut mining. Textbook for higher education institutions]. 6-th edition, revised and added. Moscow, MSMU Publ., 2007, 680 p.

3. Trubetskoy K. N., et al. *Otkrytye gornye raboty. Spravochnik* [Open mining operations. Reference book]. Moscow, Gornoe byuro Publ., 1994, 590 p.