УДК: 622.684:622.647:622.268.12

А.А.Кулешов, В.Ю.Коптев, П.Ю.Ланков, В.Н.Павлов, К.А.Стребков

Санкт-Петербургский горный институт (технический университет)

ЭКОЛОГО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Приведены результаты выполненных по эколого-математической модели расчетов эффективности применения основных способов нормализации атмосферы карьера. В качестве примера рассмотрены условия карьера «Удачный» АК «Алроса» и основные модели автосамосвалов грузоподъемностью 100-150 т отечественного и зарубежного производства.

Модель и разработанная медика позволяет обосновать выбор оптимального транспортного комплекса с учетом динамики ведения горных работ, экологического фактора и различных моделей погрузочно-транспортного оборудования.

The paper presents the results of calculations of the efficiency of application of the main means of open pit atmosphere normalization made according to the ecological-mathematical model. The manufactur-

ing environment of the "Udatchny" open pit of the "Alrosa" joint-stock company and the use of the main Russian dump trucks and imported dump-trucks of 100-150 tonnage are considered as an example.

The model and the devised method validate the choice of the optimum means of the transportation scheme with due account of dynamics of open pit minings, the ecological factor and different loading facilities and transport equipment.

Методики, применяемые в настоящее время при проектировании транспортных систем, практически не учитывают экологических последствий и их влияния на работу карьерного автотранспорта.

Одним из недостатков карьерного автотранспорта, накладывающим ограничения по его применению, являются отработавшие газы. Известны случаи полной остановки работ в карьерах по причине загазованности атмосферы карьерного пространства. Особенно остра эта проблема на глубоких алмазодобывающих, железорудных карьерах и угольных разрезах. Например, простои на карьере «Удачный» АК «Алроса» достигали 1700 ч/год. При проектировании и модернизации систем транспорта экологический фактор влияет на экономические показатели и безопасность ведения работ.

Для экономического обоснования использования способов улучшения экологических показателей применения автотранспорта на глубоких карьерах разработана эколого-математическая модель и программа расчета этих показателей, дополняющие существующие методики выбора транспортных систем. Нами выполнены расчеты по эффективности применения различных способов снижения загрязнений карьерного воздушного пространства и выбору наилучшей модели автосамосвалов для ряда крупных карьеров.

При моделировании транспортной системы карьера «Удачный» (глубина 495 м) с автомобильным транспортом рассмотрены следующие варианты:

1) количество выделяемых вредных веществ в отработавших газах (ОГ) уменьшается за счет естественной их эмиссии (базовый вариант);

2) на автосамосвалах устанавливаются нейтрализаторы, снижающие содержание вредных примесей в отработавших газах;

3) автосамосвалы снабжаются индивидуальными средствами газозащиты (ИСГЗ), очистка воздуха непосредственно на рабочем месте позволяет не допускать простоев оборудования;

4) автосамосвалы оборудуются встроенными системами газоочистки (ВСГЗ) с улавливанием СО;

5) применяются присадки к дизельному топливу, снижающие дымность отработавших газов.

В базовом варианте при насыщении атмосферы карьера вредными компонентами в предельно допустимой концентрации (ПДК) вводится специальный график работы оборудования: снижение количества автосамосвалов, выпускаемых на линию, уменьшает количество выделяемых вредных веществ в отработавших газах и за счет естественной их эмиссии нормализует атмосферу карьера. По окончании неблагоприятного периода работа возобновляется по прежнему, полному графику. Расчет ведется по экономическим потерям от простоев автосамосвалов. При расчетах применения технических средств снижения вредного влияния использованы показатели лучших образцов платинового каталитического нейтрализатора, ИСГЗ (стоимость комплекта НИВА-2М составляет 100 тыс.руб.), ВСГЗ (стоимость комплекта СГЗ-20 170 тыс.руб.) и присадки ЭКО-1 разработки Всероссийского НИИ нефтеперерабатывающей промышленности.

Глубина карьера изменялась с шагом 32 м (в интервале 175-495 м). Для моделирования выбраны самосвалы, почти равнозначные по грузоподъемности: БелАЗ-7512А, БелАЗ-75145, БелАЗ-75131, «Юнит-Риг» моделей М100 и М150, CAT-785 и HD-1200-1D. Выбранные модели автосамосвалов не требуют технического переоснащения системы техобслуживания и ремонта и реконструкции карьерных дорог.

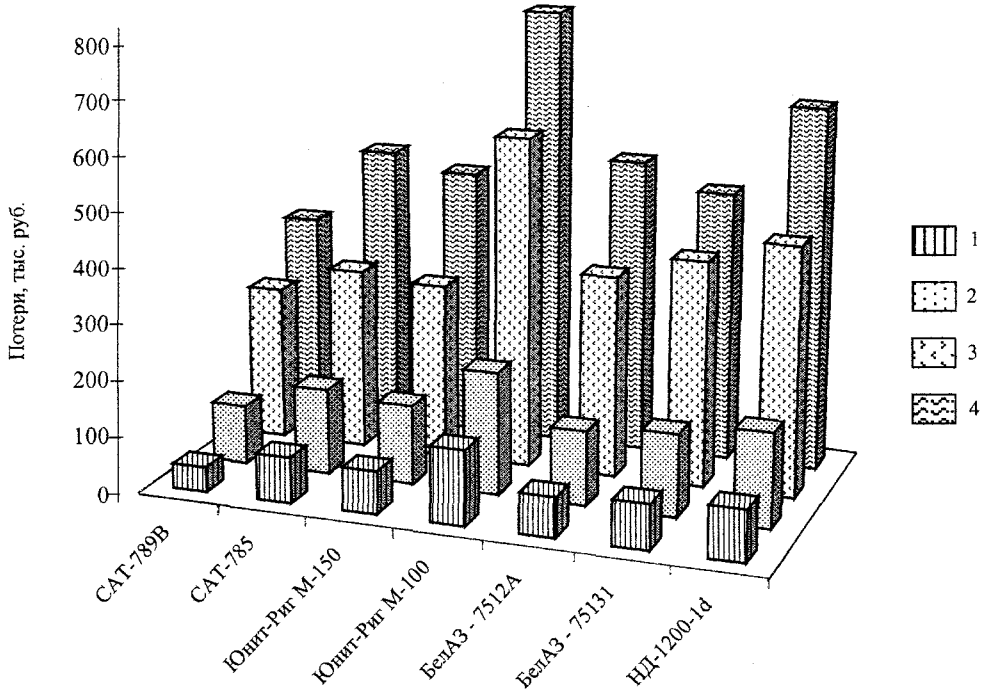


Рис.1. Годовые потери из-за простоев автосамосвалов, тыс. руб. (базовый вариант)

1, 2, 3 и 4 – при глубине транспортирования 105, 180, 375 и 475 м

Время загрузки, маневров, ожидания погрузки и другие технические данные и коэффициенты приняты в соответствии с нормативами. Расчеты выполнены по известной методике*.

Время накопления вредностей в карьерном пространстве вычислялось по формуле**:

$$t = c_{\text{ПДК}} V / g \,,$$

где $c_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимая концентрация, мг/м^3; V – объем карьера, м^3; g – интенсивность выделения вредностей, м^3/с.

Потери из-за простоев автосамосвалов вычислялись в зависимости от глубины карьера при стоимости часового простоя автосамосвал БелАЗ и зарубежных автосамосвалов 1760 и 1920 руб. соответственно (рис.1).

При определении годовых эксплуатационных расходов учтены затраты на закупку нейтрализаторов, средств газозащиты, нормативные штрафы за выбросы вредных веществ в атмосферу рабочей зоны (табл.1) и стоимость простоя оборудования в течение года.

Таблица 1

Расчет платы за вредные выбросы (по данным АК «Алроса»)

Компонент загрязняющих веществ, г/кг топлива	Норматив платы, руб./т	Плата,* руб./т
NO_x в пересчете на NO_2	0,42	28,22
NO	0,42	28,22
CO	0,005	0,34
SO_2	0,33	22,18
Углеводороды, приведенные к CH	0,01	0,67
Твердые частицы	0,33	22,18

* С учетом индекса удорожания, равного 48, и коэффициента экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха, равного 1,4.

Затраты на закупку нейтрализаторов:

$$C_{\text{н}} = c_{\text{н}} n k_{\text{сл}} \,,$$

где $c_{\text{н}}$ – стоимость 1 л вместимости нейтрализатора, составляющая 95 % стоимости

* *Кулешов А.А.* Проектирование и эксплуатация карьерного автотранспорта: Справочник / Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 1995. Ч.2.

** *Рогалев В.А.* Нормализация атмосферы горно-рудных предприятий. М.: Недра, 1993.

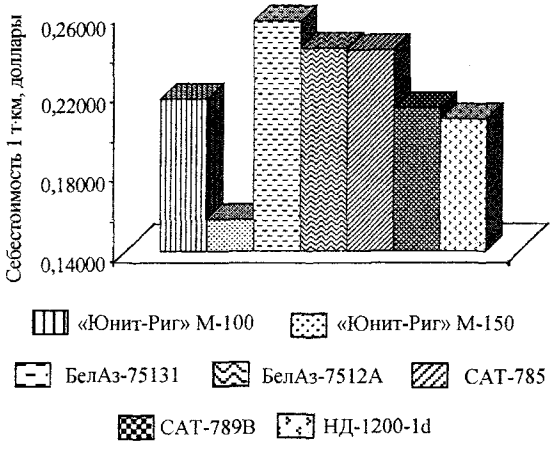


Рис.2. Себестоимость транспортирования руды автосамосвалами (глубина карьера «Удачный» 475 м)

всего нейтрализатора; n – количество автосамосвалов, оснащенных нейтрализаторами; $k_{сл}$ – коэффициент, учитывающий срок службы нейтрализатора, для шестимесячного срока службы $k_{сл} = 2$.

Результаты расчета себестоимости транспортирования при применении различных способов отличаются незначительно и поэтому на рис.2 представлен только базовый вариант.

В результате расчетов, проведенных по критерию минимума приведенных затрат с учетом затрат на нормализацию атмосферы карьера, определена лучшая модель автосамосвала, а именно «Юнит Риг» М-150 (табл.2, рис.3 и 4).

Таблица 2

Технико-экономические показатели автосамосвала «Юнит Риг» М-150

Показатель	Вариант				
	1	2	3	4	5
Эксплуатационные расходы, тыс. долларов	9 581	9 589	9 592	9 610	9 575
Приведенные среднегодовые затраты, тыс. долларов	10 589	10 345	10 096	9 988	9 575
Производительность труда, т/человека	127157	127157	147932	147932	130286

Примечание. Капитальные затраты приняты в размере 8400 тыс. долларов, энергозатраты 5,71 кВт·ч/т, численность персонала 72 человека, себестоимость транспортирования 0,156 долларов и 4,68 руб. на 1 т·км.

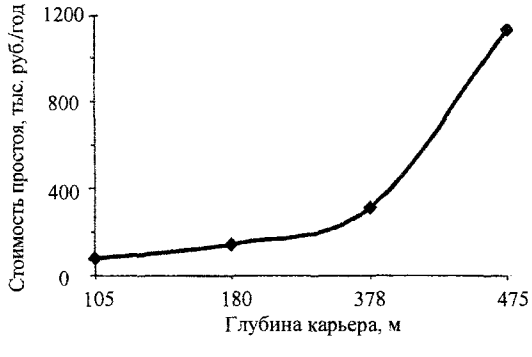


Рис.3. Стоимость простоев автосамосвалов типа «Юнит Риг» М-150 с увеличением глубины карьера

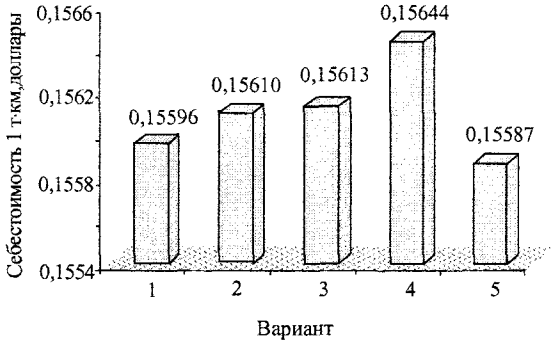


Рис.4. Себестоимость транспортирования автосамосвалами типа «Юнит Риг» М-150 по вариантам

Выводы

1. Себестоимость транспортирования горной массы при использовании различных способов снижения загрязнений карьерного пространства для автосамосвалов грузоподъемностью 100-150 т практически одинакова.

2. При окончательном выборе типа оборудования и способа снижения вредного воздействия от его эксплуатации нужно учитывать человеческий фактор. Критерием окончательной оценки может являться ущерб от вредного воздействия (оплата больничных листов и доплаты персоналу за вредность). Необходимо уменьшать вероятность возникновения разного рода профессиональных заболеваний, связанных с длительным пребыванием людей в зоне повышенного содержания вредных примесей, и заболеваемости жителей прилегающих к предприятию территорий. В качестве базового варианта оценки вредного воздействия от применения определенного типа оборудования в заданных условиях можно использовать фактические данные по заболеваемости на предприятиях, использующих аналогичное оборудование и находящихся в районах с аналогичными климатическими условиями.

3. Полученные в работе результаты позволяют численно обосновать выбор оптимального транспортного комплекса с учетом динамики ведения горных работ; сформировать экономико-экологическую модель выбора наиболее экономичного транспортного комплекса; обеспечить проектные организации и эксплуатационные службы карьеров расчетными данными по объемам вредных выбросов.