

## Structural optimization of transport systems of mining enterprises

Koptev V.

### Структурная оптимизация транспортных систем горнодобывающих предприятий Коптев В. Ю.

*Коптев Владимир Юрьевич / Koptev Vladimir – кандидат технических наук, доцент,  
кафедра горных транспортных машин,  
электромеханический факультет,  
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург*

**Аннотация:** в статье обосновывается алгоритм выбора вида и модели транспортной машины в структуре транспортной системы горнодобывающих предприятий. Предложены энергетические критерии сравнения их характеристик с учетом выполненной транспортной работы и транспортной услуги для формирования транспортных систем горных предприятий.

**Abstract:** the article explains the algorithm for selecting the type and model of the transport machinery in mining companies of the transport system structure. Proposed criteria for comparing the energy of their characteristics, taking into account the work performed by the transport and transport services for the formation of the transport systems of mining enterprises.

**Ключевые слова:** транспорт, машина, сравнение характеристик, модель, выбор, транспортная система, алгоритм.

**Keywords:** transport, car, comparing the characteristics, models, choice, transport systems, algorithms.

УДК: 622.684:622.647.2

На сегодняшний день существующий рынок предложений транспортного оборудования предлагает большее количество автосамосвалов и их моделей. Например, для открытых горных работ - автосамосвалы (более 20 фирм, с количеством моделей от единиц до нескольких десятков), автопоезда, колесные скреперы. При этом многие производители предлагают технику приблизительно одинаковой компоновки, грузоподъемности и мощности, но разной цены. Задача выбора многовариантна, а применение метода со сравнением получаемых результатов и разнородных критериев (экономических, экологических, социальных, технологических и др.) не позволяет уверенно определить лучший проект (вариант). Требуется рассматривать еще другие методы, производить имитационное моделирование, основанное на математических моделях и допущениях, приносящих свою погрешность.

Особенности разработки месторождений полезных ископаемых, влияющих на выбор как вида, так и модели применения транспорта, заключается в круглогодичной работе в условиях изменяющихся дорожных условий, постоянном перемещении погрузочных пунктов, необходимости преодоления больших уклонов при подъеме горной массы и адаптации к изменяющимся объемам перевозок, характеристикам горной массы и многим другим.

При анализе и синтезе технических систем, в том числе и транспортных систем горного производства, формируется большое количество альтернатив, из которых выбирают оптимальные с точки зрения эффективности (предпочтительности). Большое количество неопределенностей не позволяет проектировщику однозначно назначить вид транспорта для транспортных работ при проектировании системы транспорта или выбрать модель машины при модернизации парка транспортных машин горного предприятия.

Производители транспортной техники постоянно совершенствуют свою продукцию, выпускают машины с улучшенными характеристиками, новой стоимостью и не подтвержденными эксплуатацией свойствами. В то же время производители нуждаются в определении плана выпуска новых машин и запасных узлов и уверенности, что эта техника будет востребована горной промышленностью. Им нужны оценочные показатели эксплуатационных свойств, достоверность потребности в производстве машин каждого типоразмера как в настоящее время, так и на перспективу, и обоснованные предпосылки для разработки принципиально новых видов транспорта (машин).

Для сравнения альтернатив используются критерии (показатели эффективности, целевые функции), лучшие из которых должны быть универсальными, количественными, простыми и легко вычисляемыми, иметь физический смысл. Очень часто в качестве критериев используются выходные параметры системы. Чем сложнее система, тем больше критериев необходимо учитывать при ее анализе. Даже при наличии только двух одинаково значимых критериев выбор предпочтительной альтернативы часто бывает затруднительным. В реальных производственных процессах количество одновременно учитываемых значимых критериев (параметров) может достигать до десятков. Наиболее общими являются: технические; технологические; экономические; эксплуатационные; социальные; специальные требования. Последние учитывают технологическую увязку к добычному, вспомогательному и др.

смежному оборудованию, соответствия современным требованиям экологии, организации эффективного производства, горно-геологическим и горнотехническим условиям.

Выбор критериев (технологических, экономических и др.) для принятия в проекте решений сейчас предложены многими исследователями [1, 6] и основывается на методах оптимизации, которые сводятся к поиску максимума эффективности при минимуме затрат (является, как правило конечной целью). Учитывая сложность функционирования горного предприятия (спрос на продукцию, изменение свойств горных пород и многого другого) трудоемкость расчета возрастает.

В процессе проектирования горнодобывающего предприятия, а также при его модернизации (изменении целей, объемов добычи и др.) уже на начальных этапах требуется знать характеристики машин. Результат выбора зависит от опыта, интуиции и квалификации специалиста, производящего расчет. Желательно также учитывать новые модели машин, предлагаемые на рынке, которые могут дать при использовании лучший результат. Также желательно в дальнейшем повторить весь комплекс расчетов с альтернативным оборудованием и не один раз.

Количественную оценку показателей машины можно получить в результате анализа соотношения «цена – качество». При таком подходе рассматриваются факторы, составляющие понятие качества с позиции покупателя машин, и с помощью анализа свойств и назначения потребителем индивидуальных требований производится определение лучших представителей машин по соотношению цена - качество. Однако цена на машину назначается изготовителем, который хочет получить максимальную, ограниченную только конъюнктурными соображениями. Качественные показатели (грузоподъемность, скорость, тип трансмиссии, мощность и др.) ограниченно характеризуют возможности машин.

Стоит отметить, что неполный учет этих факторов может привести к ситуации, что для некоторых карьеров оптимальными будет сразу несколько марок машин, одна марка для работы на затяжном уклоне, другая – для коротких маршрутов. Это не лучшее решение при формировании парка машин, однако, как показывает практика, такая ситуация уже существует на многих крупных карьерах.

В результате анализа достоинств и недостатков различных моделей машин по такой методике выявляется преимущество некоторых моделей над остальными (разумеется, для данных конкретных условий), и, следовательно, уже можно принимать решение о закупке одной, наиболее рациональной модели, но оптимальной для всего горного предприятия. Невозможно учесть при таком выборе изменения горнотехнических условий работы предприятия. Возрастает вероятность ошибок выбора (риск от ущерба, упущенной прибыли), увеличивающаяся со снижением квалификации специалиста и возрастания предложений на рынке техники.

Для выбора моделей транспортных машин лучше использовать методику МГГУ, устанавливающую предельные значения показателей перспективных машин, уровень качества которых будет не ниже требуемого на заданном отрезке времени. В основу предложенного метода оценки качества положен принцип сопоставления величины расходуемых ресурсов на достижение единицы конечного результата функционирования машины (КРФМ) [ед. энергии/ед. времени]. Для определения КРФМ предложена формула, структура которой является общей для любых машин

$$U_K = V_i(c_{ij}, u), \quad (1)$$

где  $V_i(c_{ij}, u)$  - производительность  $i$ -й машины как функция ее конструктивных и режимных параметров  $c_{ij}$ , [ед. продукции/ед. времени]; параметр  $u$  определяет условия эксплуатации и имеет размерность [ед. энергии/ед. продукции].

В горной транспортной системе за параметр эксплуатации следует принять энергетическую эффективность (удельная энергоёмкость)  $u_{mp}$ , т. е. затраты энергии (кВт·) при транспортировании единицы груза (т) на единицу расстояния (км) [2, 3]:

$$u_{mp} = \frac{N}{Q \cdot L}, \quad (2)$$

где  $N$  - мощность двигателя, кВт;  $Q$  - масса груза, транспортируемого в единицу времени, т/ч;  $L$  - расстояние транспортирования груза.

Методика позволяет определять как удельные значения показателя качества, характеризуют величину расходуемых ресурсов, приходящихся на единицу КРФМ  $U_K$ , так и при назначении расчётчиком нескольких важнейших для горного предприятия (или изготовителя машин) показателей - комплексный показатель качества.

Метод оценки и прогнозирования качества может быть применён для выбора моделей машин в задачах, возникающих при проектировании транспортных систем и изготовления машин.

#### *Литература*

1. *Анистратов К. Ю., Градусов М. С., Стремилев В. Я., Тетерин М. В.* Разработка метода управления техническим состоянием карьерной техники на основе использования компьютерной программы «Жизнь машины» / Горная промышленность. М., 2007. № 2. – с. 17-19.
2. *Коптев В. Ю.* Обоснование выбора транспортных машин горных предприятий. Каталог-справочник «Горная техника», Изд. Дом «Славутич», 2012, с. 58-61.
3. *Коптев В. Ю.* Методология выбора транспортных машин для формирования транспортных систем горных предприятий / Современная техника и технологии. 2015. № 4. [Электронный ресурс]: URL: [technology.snauka.ru/2015/04/6795](http://technology.snauka.ru/2015/04/6795).
4. *Коптев В. Ю.* Критерии выбора транспортных машин горнодобывающего предприятия. European science. 2015, № 2, с. 20-23.
5. *Коптев В. Ю.* Структурная оптимизация транспортных систем / Наука, техника и образование. 2015, № 4 (10). С. 108-111.
6. *Кулешов А. А., Васильев К. А., Докукин В. П., Коптев В. Ю.* Анализ вариантов транспортирования руды от карьера до обогатительной фабрики в условиях АК«АЛРОСА» Горный журнал, № 6, 2003. - С. 13-16.