

- резах ПО «Кемеровоуголь» / Кузнецкий филиал НИИОГР. – Кемерово. 1988. – 85 с.
12. Радовский Б.С. Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд. Киев: ООО «ПолиграфКонсалтинг», 2003.
13. Кандауров И.И. Механика зернистых сред и ее применение в строительстве. 2-е изд., испр. и перераб. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1988.
14. Шабаев С.Н. Некоторые вопросы решения задачи о проектировании смеси оптимального зернового состава / Вестн. КузГТУ. - 2005. – №4.
15. Сборник лучших докладов студентов и аспирантов Кузбасского государственного технического университета. Доклады юбилейной 50-й научно-практической конференции, 18-23 апр. 2005 г. / Шабаев С.Н., Анкудинов Р.А. Оптимизация состава щебеноочко-песчаных смесей (ЩПС), применяемых для устройства покрытий и оснований автомобильных дорог; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2005. – С. 183-185.

□ Авторы статьи:

Шаламанов
Виктор Александрович
- докт.техн.наук, проф., зав. каф.
автомобильных дорог

Афиногенов
Олег Петрович
- канд.техн.наук, доц. каф. автомо-
бильных дорог

Шабаев
Сергей Николаевич
- асп. каф. автомобильных дорог

УДК 622.23.055.52

Ю.Е. Воронов, С.В. Басманов

ОБОСНОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

В настоящее время для оценки и сравнения горных машин различного назначения широкое применение получила методика безэкспертной оценки качества. Одной из важнейших задач этой методики является установление комплекса показателей, характеризующих качество машины. Из теории управления качеством известно, что технический уровень машин как количественная оценка их технического совершенства и возможностей представляет собой уровень качества машины, обеспечиваемый при проектировании [1].

В работе [2] в качестве основных параметров, определяющих степень совершенства карьерных автосамосвалов, рассматриваются: мощность двигателя, полная масса автомобиля, снаряженная масса, грузоподъемность, КПД трансмиссии, масса двигателя, расход горюче-смазочных материалов и затраты на техническое обслуживание и ремонт на единицу пробега. При этом в качестве показателей рекомендуется использовать: удельную мощность двигателя (соотношение мощности двигателя и полной массы), коэффициент тары (отношение

собственной массы автосамосвала и его грузоподъемности), КПД трансмиссии, отношение массы двигателя к массе автосамосвала, расход горюче-смазочных материалов и затраты на техническое обслуживание и ремонт на единицу пробега.

Анализ предлагаемых показателей технического уровня позволяет установить следующее. Для трансмиссий карьерных автосамосвалов КПД может меняться в значительных пределах на различных режимах работы автомобиля, а значит, этот показатель не может быть определен однозначно. Поэтому использовать КПД трансмиссии в качестве отдельного показателя нецелесообразно, тем более, что он в большей степени характеризует техническое совершенство трансмиссии, нежели автосамосвала в целом. Соотношение массы двигателя и массы автосамосвала, как и в случае трансмиссии, в большей степени характеризует техническое совершенство силовой установки, а не автомобиля в целом. Предлагаемые в качестве показателей расход горюче-смазочных материалов и затраты на техническое обслуживание и ремонт на единицу пробе-

га являются чисто эксплуатационными и на этапе проектирования отсутствуют. Отсюда следует, что из предлагаемых показателей лишь удельная мощность двигателя и коэффициент тары могут характеризовать техническое совершенство автосамосвала.

В работе [3] при оценке технического уровня предлагается использовать комплекс показателей, присущих любому транспортному средству, а именно: грузоподъемность; автономность хода, которая учитывает линейный расход топлива и емкость топливных баков; полную массу; максимальный преодолеваемый уклон; габаритный объем машины (произведение длины, ширины и высоты); общий расход материалов, затраченных на рейс (топливо, рабочие жидкости и газы, масло, смазка, запчасти, сменные узлы и агрегаты); ресурс до капитального ремонта и другие гарантии, как показатели надежности машины; мощность двигателя; рейсовую и максимальную скорость движения.

Предлагаемый в качестве показателя общий расход материалов, затрачиваемых на рейс, является эксплуатационным и

на этапе проектирования отсутствует. Ресурс до капитального ремонта как гарантия фирмы-производителя в качестве показателя технического уровня использовать нецелесообразно, т.к. все фирмы-производители карьерных автосамосвалов дают гарантию на свою технику, с некоторыми различиями, на 12 месяцев со дня ввода в эксплуатацию. Однако, Белорусский автомобильный завод, например, ограничивает свою гарантию еще и по пробегу (40 тыс. км.) в зависимости от того, что наступит раньше; фирма «Komatsu» дает гарантию на 12 месяцев со дня ввода в эксплуатацию, либо на 16 месяцев со дня продажи, и также в зависимости от того, какой срок наступит раньше. Очевидно, что остальные показатели могут служить объектом дальнейшего анализа.

В качестве показателей технического уровня при оценке карьерных автосамосвалов в [4] предлагается годовой фонд времени в работе, наработка на отказ, удельная мощность двигателя, коэффициент тары, минимальный радиус поворота, удельный объем кузова.

Анализируя эти показатели, можно отметить следующее. Годовой фонд времени в работе, с одной стороны, отражает надежность автосамосвалов, однако, с другой стороны, является показателем, в большей степени характеризующим регулярность и своевременность снабжения запасными частями, а не машину. Наработка на отказ - показатель, характеризующий безотказность автосамосвала, и является эксплуатационным. К сожалению, можно утверждать, что в настоящее время надежность на стадии проектирования транспортных машин не определяется [2]. Оценить надежность машины, выходящей из ворот предприятия-изготовителя, возможно лишь после определенного периода ее эксплуатации. Предлагаемый в ряде работ (например, [5]) коэф-

фициент технической готовности также характеризует в большей степени не надежность машины, а принятую систему технического обслуживания и ремонта.

Анализ работ показывает, что в оценке технического уровня горно-транспортной техники отсутствует системность, и, прежде всего, при установлении номенклатуры показателей. Большинство исследователей включают в номенклатуру показатели, характеризующие качество эксплуатации автосамосвалов, а не их технический уровень, характеризующий качество машины, закладываемое при проектировании. При проектировании машины эксплуатационные показатели еще неизвестны. Кроме того, объединение в одной номенклатуре показателей разного уровня (конструктивных и эксплуатационных) еще более запутывает ситуацию. Разнобой в подходах порождает субъективность при проектировании, эмпиризм и, как итог, ошибки и ощущимые потери времени и средств.

Такое положение кажется тем более странным, что порядок выбора номенклатуры показателей технического уровня и качества продукции был уже определен [6], и особых изменений с тех пор не претерпел. Согласно Классификатору промышленной продукции карьерные автосамосвалы относятся к ремонтируемым изделиям, для которых исходная номенклатура показателей качества должна включать следующие группы показателей: назначения, надежности, эргономические, эстетические, технологичности, транспортабельности, унификации, патентно-правовые, экологические, безопасности.

Показатели назначения характеризуют свойства продукции, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена, и обуславливают область ее применения. Номенклатура этой

группы показателей наиболее обширна и разнообразна, поэтому для анализа, сопоставления и других операций, обусловленных оценкой технического уровня и качества продукции, следует выбирать только самые необходимые из них, характеризующие важнейшие ее свойства [6].

Показатели надежности включают в себя показатели безотказности, долговечности, ремонтопригодности, сохраняемости. Номенклатура показателей надежности также очень обширна и составляет в общей сложности около 20 наименований. Поэтому при оценке надежности часто используют комплексные показатели, такие, например, как установленный ресурс (пробег) до списания. Этот показатель является показателем долговечности и характеризует свойство технического объекта непрерывно сохранять работоспособность до наступления предельного состояния.

Показатели технологичности характеризуют распределение затрат материалов, средств, труда и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и эксплуатации продукции. К числу основных показателей технологичности относятся показатели трудоемкости, материалоемкости, себестоимости, применимые для всех без исключения видов промышленной продукции. Показатели трудоемкости и себестоимости в большей степени характерны для этапов производства и эксплуатации изделия, поскольку только на этих этапах можно установить истинные значения данных показателей. И лишь материалоемкость изделия может быть объективно оценена уже на стадии проектирования машины, поскольку она не меняет своего значения на последующих этапах жизненного цикла.

Материалоемкость автосамосвала определяется его массой, которая является для него показателем суммарной (общей)

материоемкости. Важным показателем является также удельная материоемкость (масса) автомобиля, определяемая как масса автомобиля, отнесенная к его габаритам. Этот показатель одновременно может служить и конструктивным показателем назначения. Не менее важным показателем является и сравнительная материоемкость (коэффициент массы), которая представляет собой отношение массы автосамосвала к некоторой средней (типовому) массе для большой группы автосамосвалов.

Показатели транспортабельности характеризуют приспособленность продукции к перемещению в пространстве, не сопровождающему ее использованием, а также к подготовительно-заключительным операциям, связанным с транспортированием. Как нетрудно заметить, показатели транспортабельности должны определяться применительно к конкретному виду транспортных и погрузо-разгрузочных средств. Это затрудняет определение объективных значений показателей транспортабельности, поскольку изменение хотя бы одного из условий приведет к изменению значений показателей. Тем не менее, некоторые из уже рассмотренных показателей, например, масса, габариты изделия тоже характеризуют его транспортабельность.

Эргономические показатели характеризуют систему «человек - машина» и учитывают комплекс гигиенических, антропометрических, физиологических и психологических свойств человека, проявляющихся в производственных процессах.

В большинстве случаев оценка эргономических показателей дается в виде «соответствует» или «не соответствует» система «человек – машина» эргономическим требованиям, и только гигиенические показатели допускают количественную оценку. Среди основных гиги-

нических показателей можно отметить освещенность рабочего места, температуру, влажность, запыленность, токсичность, шум, вибрацию. Следует отметить, что в современных карьерных автосамосвалах все нормы по гигиеническим показателям выдерживаются.

Эстетические показатели характеризуют информационную выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство производственного исполнения и стабильность товарного вида.

Показатели унификации характеризуют насыщенность продукции стандартными, унифицированными и оригинальными составными частями, а также уровень унификации с другими изделиями. Использование показателей унификации для такой сложной системы, как карьерный автосамосвал, в принципе возможно, однако для этого необходимо иметь в наличии полный комплект конструкторской и технологической документации на все модели сравниваемых отечественных и зарубежных карьерных автосамосвалов, что, учитывая крайне низкий уровень сбора и систематизации подобной технической информации, сделать крайне затруднительно.

Патентно-правовые показатели характеризуют патентную защиту и патентную чистоту продукции и используются с целью определения ее конкурентоспособности на мировом рынке.

Экологические показатели характеризуют уровень вредных воздействий на окружающую среду, возникающих при эксплуатации изделия. При отсутствии статистических данных об экологических показателях, методов определения их численных характеристик, допускается применение качественных характеристик, таких как наличие нейтрализаторов отработавших газов, глушителей, пылеуловителей и др.

Показатели безопасности

характеризуют особенности продукции, обуславливающие безопасность обслуживающего персонала в условиях аварийной ситуации, не санкционированной правилами эксплуатации, в зоне возможной опасности [6]. Требования безопасности при санкционированных условиях учитываются подгруппой гигиенических показателей, входящих в группу эргономических показателей качества.

В зависимости от специфических особенностей продукции, условий ее изготовления и использования и цели оценки качества некоторые из указанных выше групп показателей качества продукции могут исключаться, а вводиться дополнительные группы показателей, характерные для рассматриваемой продукции.

Номенклатура показателей, в наибольшей степени характеризующих технический уровень машин устанавливается в зависимости, прежде всего, от выбранного критерия.

Для оценки технического уровня горных машин широко используют функциональные критерии, которые, хотя и являются менее общими по сравнению с экономическими, позволяют достаточно объективно оценить их техническое совершенство. В этой связи из исходной номенклатуры групп показателей качества первостепенное значение приобретают показатели назначения, надежности, технологичности, экологические показатели, и существенно меньшее значение имеют остальные группы показателей.

В работе [7] авторами установлена зависимость для определения функционального критерия оценки технического уровня карьерных автосамосвалов:

$$\lambda = 0,56 N_{\text{дв}} \frac{f_c + i(2k_T + 1)}{i + f_c(2k_T + 1)}, \quad (1)$$

где $N_{\text{дв}}$ – мощность двигателя, кВт; k_T – коэффициент тары; f_c – коэффициент сопротивления качению автосамосвала; i – уклон трассы.

Поскольку функциональный критерий (1) определяется, в конечном итоге, мощностью двигателя N_{de} , которая растет пропорционально увеличению грузоподъемности автосамосвала, в расчетах функционального критерия целесообразно использовать удельную мощность двигателя (в расчете на 1 автонну):

$$N_{yd} = \frac{N_{de}}{m_a + m_{sp}}, \quad (2)$$

где m_{sp} , m_a – грузоподъемность и снаряженная масса автосамосвала соответственно, т.

Кроме того, поскольку технический уровень характеризуется в том числе и возможностями автосамосвала, в качестве уклона i в формуле (1) целесообразно использовать предельный уклон, преодолеваемый автосамосвалом при движении с грузом – i_{max} .

Тогда зависимость для функционального критерия оценки технического уровня карьерных автосамосвалов примет вид (кВт / т):

$$\lambda = 0,56 N_{yd} \frac{f_c + i_{max}(2k_T + 1)}{i_{max} + f_c(2k_T + 1)}. \quad (3)$$

Наиболее обширной и разнообразной номенклатурой обладает группа показателей назначения. Для того чтобы более полно охватить весь комплекс показателей назначения, необходимо подробно проанализировать процесс перевозки грузов, что позволит выявить максимально возможное число параметров, характеризующих этот процесс. Подход, основанный на детальном анализе всех параметров, представляется наиболее обоснованным, тем более, что, в отличие от других групп показателей, показатели назначения для каждого типа машин являются специфическими, присущими только этому типу. Поэтому в руководящих документах нет никаких конкретных рекомендаций по их выбору, за исключением того, что из большого количества показателей следует выбирать

только самые необходимые [6]. Кроме того, хотя опытный проектировщик интуитивно может определить показатели, в наибольшей степени влияющие на технический уровень машины, формальный путь анализа всего комплекса показателей позволяет избежать возможных ошибок.

При выборе показателей необходимо иметь в виду следующие принципы [1]:

- параметры, которые использовались при подсчете функционального критерия, не могут использоваться повторно в качестве единичных показателей;

- выбранные параметры должны быть представительными, что обеспечит достоверность полученных результатов. Представительный критерий (параметр), как гласит одно из положений системотехники, характеризует выполнение простого и четкого правила: большему значению критерия соответствует лучшая (худшая) система;

- в номенклатуру не должны входить параметры, которые согласованы, т.е. прямо определяют друг друга, поскольку согласованные параметры несут одинаковую информацию.

Процесс перевозки горной массы автомобильным транспортом на открытых горных работах характеризуется замкнутым циклом, в продолжение которого автосамосвал выполняет следующие операции: загрузка автосамосвала экскаватором; движение с грузом в пункт разгрузки; маневры в пункте разгрузки; разгрузка; движение в порожнем состоянии в пункт погрузки; маневры в пункте погрузки.

Подробно проанализировав каждую из указанных выше операций, можно сделать вывод о том, что основными показателями, характеризующими процесс транспортирования горной массы автосамосвалом, являются следующие.

Для операций движения груженого и порожнего автосамосвала

1. Мощность первичного двигателя, N_{de} . Параметр характеризует энерговооруженность автосамосвала, определяется типом и параметрами двигателя, влияет на максимальную скорость и преодолеваемый уклон. В большей степени характерен для движения груженого автосамосвала.

2. Грузоподъемность, m_{sp} . Один из параметров автомобиля, определяющих его размерную группу. Параметр, в наибольшей степени влияющий на производительность автосамосвала. Как и предыдущий параметр, в большей степени характерен для движения груженого автомобиля.

3. Собственная масса автосамосвала, m_a . Наряду с предыдущим, параметр, определяющий классификационную характеристику автосамосвала.

4. Полная масса автосамосвала, $m = (m_{sp} + m_a)$. Обобщающий параметр для 2 и 3, являющийся основным классификационным параметром грузовых автомобилей.

5. Вместимость кузова, E_k . Как и параметр 2, вместимость кузова является одним из основных параметров, определяющих производительность автосамосвала, поскольку загрузка автосамосвала осуществляется не по весу горной массы, а по ее объему. В большей степени характерен для движения груженого автосамосвала.

6. Максимальная скорость движения, V_{max} . Максимальная конструктивная скорость движения – это максимальная скорость движения автомобиля полной массы на горизонтальном участке дороги, что редко случается в карьере. Тем не менее, параметр должен быть рассмотрен, так как определяет возможность автосамосвала работать с максимально возможной скоростью в данных условиях эксплуатации.

7. Дорожный просвет (кли-

ренс) отражает расстояние от дороги до низшей точки автомобиля. Характеризует проходимость автомобиля. Параметр должен быть признан непредставительным, так как проходимость карьерных автосамосвалов по этому параметру ограничивается не высотой дорожных неровностей, а вертикальными колебаниями кузова (нагрузкой на подвеску). Согласно правилам эксплуатации карьерных автосамосвалов (например, [8]) при высоте дорожных неровностей свыше 20 см на забойных дорогах движение должно быть прекращено.

8. Предельный уклон преодолеваемого подъема, i_{max} - максимальный угол подъема, который автомобиль может преодолеть по условиям сцепления и тяги, двигаясь с постоянной скоростью.

Для операции маневрирования автомобиля в пунктах погрузки и разгрузки

9. Минимальный габаритный радиус поворота, R_{min} . Представляет собой расстояние от центра поворота до крайней внешней точки наружного крыла автосамосвала и характеризует маневренность автомобиля. Зависит от базы автомобиля (расстояние между осями) и угла поворота управляемых колес.

Для операции разгрузки

10. Время разгрузки, $t_{разгр}$. Параметр, характеризующий конструктивное совершенство опрокидывающего механизма кузова. Определяет время простоя автосамосвала под разгрузкой. Составляет для всех моделей карьерных автосамосвалов примерно 1 мин [9], поэтому рассматривать его в качестве отдельного показателя нет смысла.

Операция загрузки автосамосвала экскаватором здесь не рассматривается, поскольку эффективность ее выполнения зависит, главным образом, от эффективности работы экскава-

тора, а не автосамосвала.

Таким образом, к рассмотрению необходимо принять следующие параметры карьерных автосамосвалов: максимальная мощность двигателя N_{de} , максимальная скорость движения V_{max} , минимальный радиус поворота R_{min} , предельный угол преодолеваемого подъема i_{max} . Также необходимо учесть грузоподъемность m_{sp} и вместимость кузова E_k , как определяющие параметры автосамосвала, снаряженную массу m_a , соотношение фактической m_a и средневзвешенной (базовой) m_b массы автосамосвала, как показатель сравнительной материалоемкости, габаритный объем V_e , как показатель транспортабельности, и запас хода по топливу L_x , как показатель, обобщающий параметры линейного расхода топлива и емкости топливных баков.

Для уменьшения числа показателей некоторые из указанных параметров можно привести к удельному виду (достоинством любых удельных показателей является то, что они объединяют в себе несколько абсолютных), что вполне соответствует принципам квалиметрии. Кроме того, для параметров, с уменьшением значений которых качество машины ухудшается, в качестве единичных показателей должны быть взяты их обратные величины [10].

Как уже указывалось, мощность двигателя как абсолютно-го показателя не может применяться для оценки технического уровня карьерных самосвалов. На практике обычно используют такой показатель как энергоооруженность (удельная мощность двигателя), которая определена зависимостью (2). В таком виде параметр характеризует мощность, приходящуюся на единицу полной массы автосамосвала, и объединяет в себе сразу три показателя. Однако и удельная мощность N_{yo} уже использована при определении функционального критерия (3),

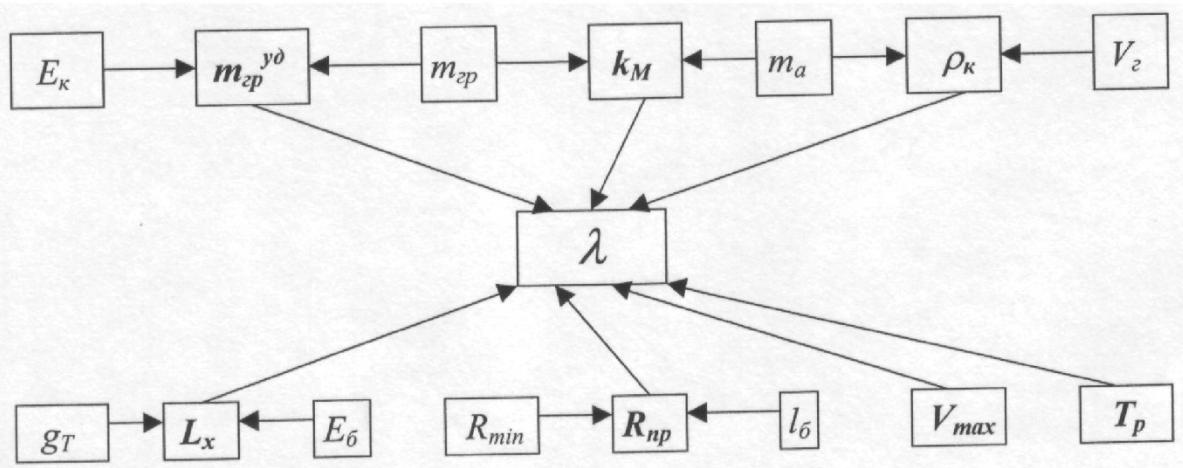
поэтому в качестве единичного показателя использована быть не может.

Приспособленность карьерного автосамосвала к перевозке груза определенной насыпной массы характеризует удельная грузоподъемность, под которой понимается такая плотность транспортируемой горной массы, при полной загрузке кузова автосамосвала которой происходит полное использование грузоподъемности:

$$m_{sp}^{yd} = \frac{m_{sp}}{E_k}. \quad (4)$$

Так как с уменьшением удельной грузоподъемности качество автосамосвала ухудшается, в качестве *первого* единичного показателя технического уровня принимаем $1/m_{sp}^{yd}$.

Грузоподъемность автосамосвала является основным параметром, влияющим на производительность. В то же время потребная мощность двигателя, размер шин, тормозов и прочих агрегатов и узлов автосамосвала определяются его полной массой. При этом снижение собственной массы автосамосвала автоматически дает возможность повысить его грузоподъемность, а, следовательно, и производительность при прочих равных условиях. В тех случаях, когда нет необходимости повышать грузоподъемность, снижение собственной массы автосамосвала позволяет снизить расход топлива, увеличить тягово-скоростные свойства автомобиля. Самосвалы с меньшей собственной массой способны работать в более глубоких карьерах, двигаться с большими скоростями при заданных уклонах, что также приводит к повышению производительности. Скорость самосвала прямо пропорциональна мощности его двигателя, КПД трансмиссии и обратно пропорциональна полной массе и уклону. Так как у разных фирм на самосвалах установлены зачастую одни и те же двигатели и трансмиссии, а величины загрузки и уклоны заданы в каж-



Комплекс показателей технического уровня карьерных автосамосвалов

λ - функциональный критерий, кВт/т; $m_{zp}^{y\delta}$ – удельная грузоподъемность автосамосвала, т/м³; k_M – коэффициент массы (сравнительная материалоемкость); ρ_k – плотность компоновки, т/м³; L_x – запас хода по топливу, км; R_{min} – приведенный радиус поворота; V_{max} – максимальная скорость движения автосамосвала, км/ч; T_p – установленный ресурс (пробег) автосамосвала до списания, км; E_k – вместимость кузова, м³; m_{zp} – грузоподъемность автосамосвала, т; m_a – снаряженная масса автосамосвала, т; V_e – габаритный объем, м³; g_T – линейный расход топлива, л/100 км; E_6 – емкость топливных баков, л; R_{min} – минимальный радиус поворота, м; l_b – база автомобиля, м

дом конкретном карьере, то единственным способом повысить производительность является снижение собственной массы автосамосвала за счет рациональной компоновки и применения более прочных материалов. Поэтому для оценки технического уровня карьерных самосвалов необходимо воспользоваться относительным показателем - коэффициентом тары (коэффициентом снаряженной массы). Он характеризует конструктивное совершенство автомобиля и определяется как отношение снаряженной массы автосамосвала к его грузоподъемности [11]:

$$k_T = \frac{m_a}{m_{zp}}. \quad (5)$$

Очевидно, что чем меньше коэффициент тары, тем меньше «мертвая» (бесполезная) масса автосамосвала и экономичнее будут перевозки. Однако коэффициент тары используется при расчете функционального критерия (3), поэтому в качестве единичного показателя использовать не может.

Пределный уклон преодолеваемого подъема i_{max} является интегральным показателем, учитывающим большое количе-

ство параметров автосамосвала и примененной на нем трансмиссии, и определяется общим дорожным сопротивлением ψ и сопротивлением качению автосамосвала f_c . Максимальное общее дорожное сопротивление рассчитывается аналитически [11], или определяется по тяговой характеристике автомобиля при минимальной скорости движения с грузом на подъем. Однако, поскольку уклон i_{max} тоже входит в формулу функционального критерия (3), в качестве единичного показателя его использовать нельзя.

Габаритный объем V_e в абсолютном измерении также не применим. Для его учета можно воспользоваться относительным показателем - плотностью компоновки (т/м³):

$$\rho_k = \frac{m_a}{V_e}, \quad (6)$$

где V_e – габаритный объем (произведение длины, ширины и высоты) автосамосвала, м³.

Так как с уменьшением плотности компоновки качество автосамосвала ухудшается, в качестве второго единичного показателя технического уровня следует использовать $1/\rho_k$.

Сравнительную материало-

емкость (коэффициент массы) автосамосвала можно определить по формуле:

$$k_M = \frac{m_a + m_{zp}}{m_6}. \quad (7)$$

Средневзвешенная (базовая) масса в (7) можно определить в зависимости, например, от мощности двигателя N_{ob} :

$$m_6 = 0,212 N_{ob} - 8,4. \quad (8)$$

Эта зависимость получена путем статистической обработки соответствующих параметров автосамосвалов Белорусского завода, Беларусь (11 моделей), фирмы «Unit Rig», США (7 моделей), фирмы «Uklid incorporated», США (3 модели), отделения «Vabco» фирмы «Le Turno», США (5 моделей), отделения «Terex» фирмы «General motors», США (2 модели), по одной модели – фирм «Dart», США; «Faun», Германия и «Komatsu», Япония (итого 43 модели). Коэффициент корреляции составил $r = 0,990$. Проверка по критерию Стьюдента с вероятностью 95% подтвердила значимость коэффициента корреляции ($t = 31,4 > t_{0,05; 42} = 1,960$).

Поскольку с уменьшением k_T качество ухудшается, в каче-

стве *третьего* единичного показателя принимаем абсолютное значение коэффициента массы k_T .

Запас хода по топливу (км) определяется по формуле:

$$L_x = \frac{100E_\delta}{g_T}, \quad (9)$$

где E_δ - емкость топливных баков автосамосвала, л; g_T - линейный расход топлива, л/100 км.

Так как с уменьшением показателя L_x качество автосамосвала ухудшается, за *четвертый* единичный показатель

принимаем величину $1/L_x$.

Минимальный радиус поворота автосамосвала R_{min} , как уже указывалось выше, во многом зависит от базы автомобиля l_δ , поэтому приведем его также к удельному виду. Приведенный радиус поворота

$$R_{np} = \frac{R_{min}}{l_\delta} \quad (10)$$

принимаем в качестве *пятого* единичного показателя технического уровня автосамосвалов, потому что с уменьшением R_{np} качество улучшается.

Максимальная скорость движения автосамосвала V_{max}

остается в абсолютном выражении, а ее обратная величина принимается в качестве *шестого* единичного показателя.

В качестве *седьмого* примем величину $1/T_p$, где T_p – установленный ресурс (пробег) автосамосвала до списания, км, как интегральный показатель надежности.

Таким образом, комплекс показателей, определяющих технический уровень карьерных автосамосвалов, состоит из *семи* показателей (рисунок).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солод Г.И., Шахова К.И. Повышение долговечности горных машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 184 с.
2. Кулешов А.А., Марголин И.И. Пневмоколесные машины с бортовыми приводами и мотор-колесами. – М.: Машиностроение, 1995. – 312 с.
3. Бурдаков В.Д. Квалиметрия транспортных средств. Методика оценки эффективности использования. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 160 с.
4. Смирнов В.П., Могилат В.Л. Технический уровень карьерных самосвалов и пути его повышения // Совершенствование эксплуатации и повышение технического уровня карьерного транспорта: Сборник научных трудов / ИГД МЧМ СССР. – Свердловск, 1986. – С.7-13.
5. Циперфин И.М., Штейн В.Д. Карьерный автотранспорт: Справочник. – М.: Недра, 1992. – 415 с.
6. Сборник нормативно-технических и руководящих документов для работников Госприемки: Ч.2. Оценка качества и аттестация продукции. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 352 с.
7. Воронов Ю.Е., Басманов С.В. К вопросу оценки технического уровня карьерных автосамосвалов / Вестн. КузГТУ. – 2006. - № 1 . – С. 129-131.
8. Карьерный самосвал БЕЛАЗ-75214. Руководство по эксплуатации / Белорусский автомобильный завод. – Жодино, 1988. – 503 с.
9. Казарез А.Н., Кулешов А.А. Эксплуатация карьерных автосамосвалов с электромеханической трансмиссией. – М.: Недра, 1988. – 264 с.
10. Солод Г.И. О квалиметрии. – М.: МГИ, 1991. – 94 с.
11. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.

□ Авторы статьи:

Воронов
Юрий Евгеньевич
- докт. техн. наук, проф., зав. каф.
«Автомобильные перевозки»

Басманов
Сергей Владимирович
– ведущий инженер отдела горно-транспортной техники и оборудования
ОАО «Южный Кузбасс»,
г. Междуреченск.